



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Programação e controlo de um posto de carregamento de veículos elétricos**

**Pedro Matias Tomás Patrício**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Sílvio José Pinto Simões Mariano

**Covilhã, junho de 2018**



# Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus Todo Poderoso pela sabedoria prestada, e aos meus Pais.

António Patrício (**em memória**) e Madalena Tomás.



# Agradecimentos

Primeira presto meus agradecimentos a Deus, pois não me tem desamparado, diante de muitas lutas, a força e ânimo para seguir em frente vem de Deus.

Agradeço a todos que direta e indiretamente ajudaram, a todo pessoal do laboratório que incansavelmente estavam de braços abertos para ajudar com ideias e incentivo. De igual forma agradeço a minha família que desde muito cedo acreditaram em mim, a minha mãe, meus irmãos e a minha namorada em especial.

Ao Professor Sílvio Mariano pela orientação e acompanhamento, que abraçou a ideia de apoiar-me logo que solicitei, ao Engenheiro José Pombo que esteve sempre presente nos momentos que precisei durante a montagem do posto.

Agradeço aos meus colegas Arlindo Gole, Alfredo Luemba, Analcísio Rodino, Dário Justo, Gaspar Ferreira e Ntunitangua Pindi pelos contributos e apoio moral, pois tivemos momentos bastantes frustrantes, que chegam a ser muito marcantes para as nossas vidas.

O meu muito obrigado a Todos



# Prefácio

A maior conquista do ser humano é ver a vitória muito antes de ser alcançada, a isto chamo fé.





# Resumo

A utilização dos veículos elétricos tem impulsionado várias investigações na construção de postos de carregamentos eficientes e em menos tempo, tendo em conta os longos tempos no carregamento normal. A poluição ambiental emitida pelos veículos de combustão é a principal causa destas investigações, enfatizando consideravelmente, o surgimento dos veículos elétricos de forma a minimizar a poluição destes gases, pelo facto de serem considerados veículos de zero emissão durante seu funcionamento.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos modos de carregamentos, para a criação de condições que permitam garantir maior desempenho dos postos de carregamento e das baterias, que resultará na capacidade destes veículos percorrerem maiores distâncias. Sendo que, a limitação da distância ainda é um problema dos veículos elétricos.

Com esta dissertação pretende-se realizar a programação e implementação de um posto de carregamento para veículos elétricos, que é apoiada na estrutura funcional da *Siemens*. Trata-se do controlador *SIPLUS*, do controlador lógico programável (*S7-1200*) e da interface HMI, para controlar e gerir todo processo de carregamento. Permitindo assim, a criação de postos de carregamento simples e facilidade aos utilizadores no carregamento dos seus veículos.

# Palavras-chave

Veículos convencionais, veículos elétricos, *SIPLUS*, controlador lógico programável, interface HMI, posto de carregamento.



# Abstract

The use of electric vehicles has driven several investigations into the construction of efficient charging stations and in less time, considering the long times in normal charge. Environmental pollution emitted by combustion vehicles is the main cause of these investigations, emphasizing considerably the appearance of the electric vehicles to minimize the pollution of these gases, since they are considered vehicles of zero emission during their operation.

The development and improvement of the charging modes, to create conditions that allow greater performance of the charging stations and the batteries, which will result in the capacity of these vehicles to travel greater distances. Being that, the limitation of the distance is still a problem of electric vehicles.

This dissertation intends to carry out the programming and implementation of a charging station for electric vehicles, which is supported by Siemens functional structure. This is about the SIPLUS controller, the programmable logic controller (S7-1200) and the HMI interface, to control and manage the entire charging process. It allows the creation of simple charging stations and ease to the users in the charging of their vehicles.

# Keywords

Conventional vehicles, electric vehicles, SIPLUS, programmable logic controller, HMI interface, charging station.



# Índice

|   |     |
|---|-----|
| Agradecimentos .....  | v   |
| Prefácio .....  | vii |
| Abstract .....  | xi  |
| Capítulo 1 .....  | 1   |
| 1. Revisão Bibliográfica .....  | 1   |
| 1.1. Introdução .....   | 2   |
| 1.2. Objetivos do Trabalho .....  | 3   |
| 1.3. Motivação .....  | 3   |
| 1.4. Estrutura da Dissertação .....   | 4   |
| Capítulo 2 .....  | 5   |
| 2. Veículo Elétrico .....   | 5   |
| 2.1. Introdução .....   | 5   |
| 2.2. Histórico dos Veículos Elétricos .....   | 6   |
| □ Primeira fase - 1837 a 1912 .....   | 6   |
| □ Segunda Fase - 1912 a 1973 .....  | 6   |
| □ Terceira Fase - 1973 a 1996 .....   | 7   |
| □ Quarta Fase - 1996 em diante .....  | 7   |
| 2.3. Veículos Elétricos na atualidade .....   | 8   |
| 2.4. Classificação dos veículos elétricos .....   | 9   |
| 2.4.1. Veículo Elétrico Híbrido .....   | 9   |
| 2.4.2. Veículo Elétrico Híbrido <i>Plug-in</i> .....  | 10  |
| 2.4.3. Veículo 100% Elétrico .....  | 10  |
| 2.4.4. Veículo Elétrico com Célula de Combustível .....                                     | 11  |
| 2.5. Vantagens e Desvantagens dos veículos elétricos .....                                  | 11  |
| 2.5.1. Vantagens dos veículos elétricos .....   | 11  |
| 2.5.2. Desvantagens da utilização do veículo elétrico .....                                 | 11  |
| 2.6. Análise comparativa de consumo entre Veículos elétricos e Veículos convencionais ..... | 12  |
| Capítulo 3 .....  | 15  |
| 3. Carregamento de Veículos Elétricos .....   | 15  |
| 3.1. Introdução .....   | 15  |
| 3.2. Rapidez do Carregamento .....  | 17  |
| 3.2.1. Carregamento lento .....   | 17  |
| 3.2.2. Carregamento semi-rápido (em AC) .....   | 17  |
| 3.2.3. Carregamento rápido (em DC) .....  | 17  |
| 3.3. Modos de Carregamentos dos VE's .....  | 18  |
| 3.3.1. Modo 1 .....   | 19  |
| □ Carregamento inteligente .....  | 19  |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 3.3.2.   | Modo 2.....  | 19        |
| 3.3.3.   | Modo 3.....  | 20        |
| 3.3.3.1.   | Tipo 1.....  | 21        |
| 3.3.3.2.   | Tipo 2.....  | 21        |
| 3.3.3.3.   | Tipo 3.....  | 22        |
| 3.3.4.   | Modo 4.....  | 22        |
| 3.4.   | Tipos de Postos de Carregamentos .....                               | 24        |
| 3.4.1.   | Posto de carregamento normal .....                                   | 25        |
| 3.4.2.   | Posto de carregamento <i>Type-2AC</i> .....                          | 27        |
| 3.4.3.   | Posto de Carregamento <i>CHAdemo</i> .....                           | 27        |
| 3.4.4.   | Posto de Carregamento <i>SCC</i> .....                               | 28        |
| 3.4.5.   | Posto de Carregamento <i>SuperCharger</i> .....                      | 30        |
| 3.4.6.   | Posto de Carregamento por Indução .....                              | 30        |
| <b>Capítulo 4.....</b>   |  | <b>33</b> |
| <b>4. Composição e Estrutura da Unidade de Carregamento Desenvolvida .....</b> |  | <b>33</b> |
| 4.1.   | Introdução .....   | 33        |
| 4.2.   | Introdução ao PLC S7-1200 .....                                      | 34        |
| 4.3.   | Introdução ao Controlador de Carregamento <i>SIPLUS CM-230</i> ..... | 37        |
| <b>Capítulo 5.....</b>   |  | <b>45</b> |
| <b>5. Implementação do Posto de Carregamento.....</b>                          |  | <b>45</b> |
| 5.1.   | Introdução .....   | 45        |
| 5.2.   | Protocolo de Comunicação .....                                       | 46        |
| 5.3.   | Conector para o carregamento .....                                   | 51        |
| 5.4.   | Princípio de Funcionamento do Posto de Carregamento .....            | 52        |
| 5.5.   | Princípio de Funcionamento da interface HMI Desenvolvida .....       | 58        |
| <b>Capítulo 6.....</b>   |  | <b>65</b> |
| <b>6. Conclusão.....</b>   |  | <b>65</b> |
| <b>7. Referência.....</b>  |  | <b>67</b> |

# Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1- <i>Jenatzy</i> a bordo do seu “ <i>La Jamais Contente</i> ” [19].....                            | 6  |
| Figura 2.2- Veículo elétrico “ <i>Henney Kilowatt</i> ” [21].....  | 7  |
| Figura 2.3- GM EV1 [22].....   | 8  |
| Figura 3.1- Estação de carregamento para veículos elétricos em 1917, St. <i>Pancras</i> (Londres) [46]. .... | 15 |
| Figura 3.2- Estações de carregamento rápido 2017 [47].....   | 15 |
| Figura 3.3- Modo 1 de carregamento, com componentes da <i>Siemens</i> [52].....                              | 19 |
| Figura 3.4- Modo 2 de carregamento, com componentes da <i>Siemens</i> [52].....                              | 20 |
| Figura 3.5- Modo 3 de carregamento, com componentes da <i>Siemens</i> [52].....                              | 21 |
| Figura 3.6- Conector <i>Yazaki</i> [17].....   | 21 |
| Figura 3.7- Conector <i>Mennekes</i> [56].....   | 22 |
| Figura 3.8 - Conector <i>Scame</i> [56]. ....  | 22 |
| Figura 3.9- Modo 4 de carregamento, com componentes da <i>Siemens</i> [52].....                              | 23 |
| Figura 3.10- Conector <i>Chademo</i> [58].....   | 23 |
| Figura 3.11- Conector <i>Combo</i> [17].....   | 24 |
| Figura 3.12 - Posto de carregamento normal [63]. ....  | 26 |
| Figura 3.13 - Modelo da unidade de carregamento da <i>TESLA Wallbox</i> [64]. ....                           | 26 |
| Figura 3.14- Conector para o carregamento <i>Type-2AC</i> [65].....  | 27 |
| Figura 3.15- Conector <i>CHAdEMO</i> [46]. ....  | 28 |
| Figura 3.16- Conector <i>SCC</i> tipo 1 [46].....  | 29 |
| Figura 3.17- Conector <i>SCC</i> tipo 2 [46].....  | 30 |
| Figura 3.18- Conector da <i>Tesla</i> [46]. ....   | 30 |
| Figura 3.19- Sistema de transferência de energia por indução em VE [70] .....                                | 31 |
| Figura 3.20 - Posto de carregamento público desenvolvido pela <i>Tesla</i> [64]. ....                        | 31 |
| Figura 3.21- Uma unidade de carregamento instalando em um estacionamento [71]. ....                          | 32 |
| Figura 4.1- Solução projetada para o posto de carregamento [73]. ....  | 34 |
| Figura 4.2- Representação do PLC utilizado (S7-1200). ....   | 34 |
| Figura 4.3- Representação do controlador <i>SIPLUS</i> . ....  | 38 |
| Figura 4.4- Esquema de entradas e saídas do <i>SIPLUS</i> [73].....  | 38 |
| Figura 4.5- Fluxograma do funcionamento do controlador <i>SIPLUS</i> [62]. ....                              | 43 |
| Figura 4.6 - Ligações entre o <i>SIPLUS</i> , PLC, Conector e o Simulador. ....                              | 44 |
| Figura 5.1 - Estrutura do posto de carregamento. ....  | 45 |
| Figura 5.2 - Reles utilizados no encravamento e desencravamento do conector. ....                            | 46 |
| Figura 5.3- Esquema equivalente do circuito de aquisição de sinal do condutor piloto de controlo [76]. ....  | 47 |
| Figura 5.4- Sinal de carregamento no estado inicial [76].....  | 47 |
| Figura 5.5 - Sinal de carregamento estado A para 13 A [76]. ....   | 48 |
| Figura 5.6 - Sinal de carregamento estado A para 20A [76].....   | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5.7 - Sinal de carregamento estado A para 32A [76].   | 48 |
| Figura 5.8 - Sinal de carregamento estado B [76].  | 49 |
| Figura 5.9 - Sinal de carregamento estado C [76].  | 49 |
| Figura 5.10 - Sinal de carregamento estado D [76].   | 50 |
| Figura 5.11- Ilustração do conector usado.   | 51 |
| Figura 5.12- Diagrama para ativação do encravamento [77].  | 51 |
| Figura 5.13- Diagrama de leitura de valores de resistência no encravamento e desencravamento [77]. | 52 |
| Figura 5.14 - Indicação do estado 1 da ativação do SIPLUS.   | 53 |
| Figura 5.15- Estado 2 (Ativação do piloto de proximidade).   | 54 |
| Figura 5.16 - Indicação do estado 2 de funcionamento do posto de carregamento.                     | 54 |
| Figura 5.17- Estado 4 (Ativação do piloto de controlo).  | 55 |
| Figura 5.18 - Indicação do estado 3 e 4.   | 55 |
| Figura 5.19- Estado 5 (Dar início ao Carregamento).  | 56 |
| Figura 5.20 - Indicação do início do carregamento.   | 56 |
| Figura 5.21- Menu explicativo das configurações de IP [73].  | 58 |
| Figura 5.22- Parâmetro explicativo do SIPLUS pelo IP [73].   | 58 |
| Figura 5.23 - Menu de abertura do posto de carregamento.   | 59 |
| Figura 5.24 - Aguardando o início do carregamento.   | 59 |
| Figura 5.25 - Processo de início do carregamento.  | 60 |
| Figura 5.26 - Processo de ativação do piloto de proximidade.                                       | 60 |
| Figura 5.27 - Pedido para inserção do conector.  | 60 |
| Figura 5.28 - Processo de ativação do piloto de controlo.  | 61 |
| Figura 5.29 - Processo de início do carregamento.  | 61 |
| Figura 5.30 - Visualização do veículo em carregamento.   | 61 |
| Figura 5.31 - Indicação de carregamento completo.  | 62 |
| Figura 5.32 - Emissão da fatura (carregamento completo).   | 62 |
| Figura 5.33 - Indicação do cancelamento do carregamento.   | 62 |
| Figura 5.34 - Emissão da fatura (carregamento terminado por ordem do utilizador).                  | 63 |
| Figura 5.35 - Aguardando a remoção do conector.  | 63 |
| Figura 5.36 - Termina do processo.   | 63 |



## Lista de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1- Relação do Poder Calorífico dos Combustíveis [45]. .....                      | 14 |
| Tabela 3.1- Modos de funcionamento referentes à Norma IEC 62196 [46]. .....               | 17 |
| Tabela 3.2- Tempo de carregamento de um veículo elétrico nos diferentes modos [46]. ..... | 18 |
| Tabela 4.1- Características da CPU 1214C [74]. .....                                      | 36 |
| Tabela 4.2- Descrição das variáveis do PLC [74]. .....                                    | 37 |
| Tabela 4.3- Descrição dos terminais do <i>SIPLUS</i> [73]. .....                          | 39 |
| Tabela 4.4- Estados de carregamento da Norma IEC 61851 [73]. .....                        | 40 |
| Tabela 4.5- Ligações entre os terminais do <i>SIPLUS</i> e PLC 1214C. ....                | 42 |
| Tabela 5.1- Parâmetros de carregamento [76]. .....  | 50 |
| Tabela 5.2- Indicação dos LED para o funcionamento do <i>SIPLUS</i> [70]. .....           | 57 |



# Lista de Acrónimos

ACEA *European Automobile Manufacturers' Association*

AIE Agência Internacional de Energia

BEV *Battery Electric Vehicle*

BMS *Battery Management System*

CA Corrente Alternada

CC Corrente Contínua

CM *Communication Module*

CLP Controlador Lógico Programável

CPU *Central Processing Unit*

EDP Energias de Portugal

EUA Estados Unidos da América

EV *Electric Vehicle*

ECC *Electrical Charging Components*

GM *General Motors*

HMI *Human Machine Interface*

IP *Internet Protocol*

ICCB *Interconnecting Cable and Control Box*

IEC *International Electrotechnical Commission*

IEEE Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos

LED *Light Emitting Diode*

MCI Motor de Combustão Interna

|      |  |
|------|--|
| PCN  | Posto de carregamento normal               |
| PCR  | Posto de Carregamento Rápido               |
| PHEV | <i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>     |
| PEV  | <i>Plug-in Electric Vehicle</i>            |
| PWM  | <i>Pulse Width Modulation</i>              |
| PLC  | <i>Programmable Logic Controller</i>       |
| RLY  | <i>Relay</i>                               |
| SAE  | Sociedade de Engenheiros de Automóveis     |
| SCC  | Sistema de Carregamento Combinado          |
| TCP  | <i>Transmission Control Protocol</i>       |
| VE   | Veículo Elétrico                           |
| VECC | Veículo Elétrico com Célula de Combustível |
| VEHP | Veículo Elétrico Híbrido Plug-in           |
| VEH  | Veículo Elétrico Híbrido                   |

# Capítulo 1

## 1.Revisão Bibliográfica

Os veículos convencionais ou veículos com motores de combustão interna (MCI), tiveram grande evolução durante muito tempo, mas a preocupação com a emissão de gases provocado por estes veículos de combustão, fez com que começasse a pensar em novas alternativas de exploração de veículos, e a maior aposta foi em veículos elétricos (VE's). Nas últimas décadas foram observados grandes crescimentos dos veículos elétricos, como forma de dar resposta ao paradigma de emissão de gases e criação de outras oportunidades nos transportes. Os veículos elétricos surgiram para minimizar o efeito da poluição atmosférica, resultado das mudanças climáticas e o uso de combustíveis fósseis nos veículos de combustão. A crescente evolução da produção de veículos elétricos e as possíveis reduções dos custos de suas baterias nos próximos anos, fazem dos veículos elétricos no maior concorrente em termos de custos dos veículos convencionais [1].

Os veículos elétricos desde então, não passava de uma tecnologia fraca, sem produção em massa, para uma tecnologia com forte crescimento no mercado de veículos. Quase cerca de dois milhões de veículos elétricos foram vendidos, estas vendas fizeram com que os VE's ultrapassassem em 10% as vendas de veículos convencionais apenas em um ano [2]. Com o evoluir dos modelos de carregamento dos VE's, vários padrões e normas tornaram-se aceites na indústria automóvel. Entretanto, a condução de um VE apresenta certas limitações, devido a existência de insuficientes postos de carregamento, o que limita o uso de VE's de forma generalizada. A inserção de suficientes postos de carregamento é uma das formas de incentivo para o uso dos VE's [3]. Segundo [4], os VE's apresentam os mesmos problemas desde altura da sua criação, a baixa autonomia das baterias, limitações que passam de 60 a 160Km. O elevado tempo de carregamento dos VE's no carregamento normal que varia entre 6 a 8 horas é visto também como grande problema para adoção de veículos elétricos na realidade atual, de acordo com os 5 a 10 minutos de abastecimentos dos veículos convencionais, estas são algumas das limitações e particularmente a dificuldade em se ter viagens de longas distâncias. De modo a atenuar problemas relacionados com o tempo de carregamento e facilitar de certa forma a ampla aceitação de VE's, passa pela criação de postos de carregamento rápido [5].

A implementação dos postos de carregamento rápido é de extrema importância, particularmente em zonas com maior fluxo populacional, grandes centros urbanos, em que dificilmente se pode ter acesso a uma tomada doméstica para o carregamento de VE no período noturno nas residências. Os carregamentos rápidos são vistos como solução capaz de superar as aspirações dos utilizadores de VE's.

A elevada penetrabilidade de VE's e a instalação dos postos de carregamentos rápidos podem inserir cargas com efeitos a rede elétrica, porque durante no processo de carregamento é necessário que a rede elétrica esteja com uma demanda capaz de suprir as flutuações no carregamento. Consequentemente, a estimação de carga do VE's é essencial para a criação de modelos matemáticos que possam analisar os impactos dos postos de carregamentos rápidos na rede elétrica [5],[6].

## **1.1. Introdução**

Os últimos anos tornou-se revelante a integração de veículos elétricos, pois tem apresentado grandes vantagens em relação aos veículos convencionais, de certa forma o uso de veículos elétricos tem proporcionado redução de emissões de gases de efeito estufa e independência energética [7].

A criação e desenvolvimento de postos de carregamentos é um tema que tem levado muitas investigações. De acordo com [6], a criação de postos de carregamentos está baseada em três estágios. Estes estágios estão apoiados em uma ferramenta computacional, um processador e um dispositivo que servirá de armazenamento. A referência [8], propõem que o dispositivo de controlo do carregamento do veículo elétrico deve ser programado de maneira a comunicar com outro veículo sobre o estado de carga do VE que se encontra em carregamento.

Na projeção de qualquer posto de carregamento quer seja em modo normal ou rápido deve-se levar em consideração os limites de energia da rede elétrica. Estes postos devem atuar rapidamente sobre estes limites, pois é importante que não sejam ignorados os efeitos que os postos de carregamento causam na rede elétrica quando são conectados vários VE's. O processo de carregamento do VE em postos de carregamento rápido pode causar flutuações de tensão, problemas de confiabilidade no sistema, e a demanda da rede elétrica pode chegar o pico máximo durante o carregamento. Além disso, o comportamento que a rede elétrica for apresentando como resultado do impacto dos postos de carregamento na mesma rede, em nenhum momento deve ser negligenciado [9],[10].

O desenvolvimento das tecnologias relacionadas aos postos de carregamento tem tido um crescimento gradual, mas que precisa evoluir fortemente. Nas redes elétricas em que são conectado postos de carregamento, o sistema têm de ser capaz de suportar os transtornos que a rede elétrica sofre, no caso de queda de tensão e oscilações [11]. A produção de energia por meio de fontes alternativas e a inserção dos vários modos de carregamento de VE's, são tidos com possíveis soluções, pois estão associadas com tecnologias de rede inteligente, no caso dos medidores inteligentes, sistemas de armazenamento de energia e sistemas de comunicação.

Só a partir de 2012, a instalação dos postos de carregamento rápido aumentou oito vezes em relação aos postos carregamento normais. A introdução dos VE's de forma bem-sucedida na

próxima década está relacionada com as variadas medidas internacionalmente estabelecidas de VE's, no caso de sistema de carregamento universal, dispositivos periféricos universais e sistemas de carregamento que seja de acesso simples em espaço público ou privado. A evolução dos veículos elétricos, dos postos de carregamento e suas tecnologias estão apoiadas em várias organizações que afincadamente têm feitos trabalhos para o desenvolvimento destas tecnologias, no caso da Agência Internacional de Energia (AIE), a Sociedade de Engenheiros de Automóveis (SAE) e o Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE) [12].

Vários trabalhos acreditam que simples redes inteligentes devem ser capazes de abranger unicamente postos de carregamento para PEV's, com base as especificações que estes apresentam [13]. Os VE's podem ser visto como principais meios de transporte para o século 21, pois têm apresentado uma evolução rápida, desde a fase experimental e de produção em massa [14].

À medida que os VE's são inseridos na rede elétrica, exige que se tenha um sistema controlo autónomo. Os postos de carregamentos quando conectados representam um aumento significativo de carga na rede elétrica, e sem um controlo, pode causar problemas de instabilidade e levar o sistema a um estado de operação indesejável.

Os VE's podem de certa maneira auxiliar a rede elétrica e melhorar seu desempenho, no caso de fornecer energia à rede, é uma abordagem feita por [15]. Que considera o desenvolvimento de uma estrutura de controlo preparado para suportar os mais variados números de dispositivos distribuídos na rede elétrica. Desta forma, não há necessidade de aumentar a produção ou demanda dos sistemas elétricos rapidamente de uma hora para outra, apenas para responder em curto tempo a solicitação dos postos de carregamentos, isto implicará um aumento de eficiência do sistema e diminuição do custo de geração que viabilizará a penetração de fontes energéticas alternativas [16].

## **1.2. Objetivos do Trabalho**

O objetivo geral desta dissertação é desenvolver métodos para a implementação de um posto de carregamento de veículos elétricos, visto que os veículos elétricos são cada vez mais uma aposta para os fabricantes, para dar resposta às formas mais simples de carregamento dos veículos elétricos.

## **1.3. Motivação**

Os avanços tecnológicos no sector dos transportes e a grande preocupação com a emissão de gases poluentes de efeito estufa, tem levado à uma série de investigações por forma a minimizar estes problemas. A preocupação reside nos veículos convencionais maiores causadores desta emissão em todo mundo. Mas o surgimento dos veículos elétricos tem alavancado novas

perspetivas pois é considerado veículo de “Zero emissão” de poluentes. Deste modo, a existência de veículos elétricos condiciona por sua vez a existência de posto para o carregamento dos referidos veículos, que é o principal impulso para a realização desta dissertação, que está relacionado com o desenvolvimento de um posto de carregamento.

## **1.4. Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação foi subdividida em seis capítulos que a seguir se fará uma descrição sucinta de cada capítulo. No primeiro capítulo faz-se uma abordagem sobre o enquadramento teórico do tema, apresenta-se um contexto meramente introdutório dos aspetos sobre veículos elétricos e os postos de carregamentos.

No segundo capítulo foi possível retratar questões sobre veículos elétricos. Neste capítulo está detalhado a evolução histórica dos VE's e uma análise até os dias atuais, também foi exposto os vários modelos existentes de veículos elétricos.

Uma descrição dos postos de carregamentos e os tipos existentes é feita no terceiro capítulo. Desde a mais antiga estação de carregamento, aos modelos mais recentes de postos de carregamento. Encontra-se também neste capítulo uma abordagem dos modos de carregamentos e tipos de postos utilizados para o carregamento de veículos elétricos.

A estrutura e componentes da unidade de carregamento encontra-se detalhado no quarto capítulos. Faz-se uma descrição do PLC utilizado, bem como uma caracterização do *SIPLUS*, o controlador de todo processo do carregamento.

De forma detalhada o quinto capítulo apresenta a implementação do posto de carregamento. Neste capítulo encontra-se detalhado o princípio de funcionamento do posto desenvolvido, funcionamento com a interface HMI, entre outras características sobre a utilização do *SIPLUS*.

Por fim no sexto capítulo é feita a conclusão do trabalho e também são apresentadas algumas sugestões para o melhoramento do posto de carregamento implementado nesta dissertação.



# Capítulo 2

## 2. Veículo Elétrico

### 2.1. Introdução

O veículo elétrico é geralmente definido como sendo um veículo que aproveita a propulsão de um ou mais motores elétricos, que podem ser alimentados por células de combustível a hidrogénio ou por baterias recarregáveis.

Quando falamos de veículos elétricos, convém falar da existência de dois tipos de VE's: o veículo 100% elétrico que é composto por um ou mais motores elétricos e o veículo elétrico que inclui um motor de combustão interna, que pode ser usado para carregar as baterias toda vez que se pretenda ter alto alcance do veículo. Esta ação é feita pelo utilizador do veículo, que poderá usar o motor de combustão em qualquer momento ou talvez mesmo com o veículo em movimento [17]. Das mais diferenciadas arquiteturas existentes na conceção de um VE destaca-se: O veículo com um único motor elétrico, o veículo com um motor elétrico no eixo dianteiro, o veículo com um motor elétrico no eixo traseiro e o veículo com motor elétrico em cada roda [17].

Os veículos elétricos podem ser considerados como veículos sem emissão de gases, com exceção dos veículos que funcionam com auxílio do motor de combustão. E se as fontes energéticas utilizadas no carregamento das baterias forem fontes alternativas, é mais provável ser chamados de veículos de zero emissões. Estes veículos também são diferenciados por terem elevada performance energética, serem silenciosos, apresentam baixa autonomia, custo de aquisição alto bem como o tempo de carregamento. Algumas destas características fazem com que o uso dos VE's fique condicionado no momento da compra de um veículo para o dia a dia [18]. A expansão dos veículos elétricos tem apresentado grandes dificuldades por causa das baterias e baixa autonomia. Mas, por sua vez nota-se muitos avanços tecnológicos nesta área, o desenvolvimento de uma tecnologia a base do Lítio tem levado muitas investigações de forma a aprimorarem esta tecnologia.

A existência de poucos postos de carregamentos públicos para carregamento dos VE's, pelo facto de terem uma autonomia baixa e um tempo de carregamento relativamente alto. Os novos desafios da indústria automóvel passa em construir veículos elétricos com os mesmos comportamentos que os convencionais em aspetos de aceleração e velocidade máxima [18]. Observa-se a constante evolução que as tecnologias referentes aos veículos elétricos têm apresentado, mais ainda com pouca autonomia.

## 2.2. Histórico dos Veículos Elétricos

A história dos veículos elétricos pode ser dividida em varias fases [19], mas todas estas fases diferem entre si pela tecnologia usada e pela maneira como foram introduzida de acordo as circunstâncias socioeconômicos de cada período histórico, onde é possível destacar as seguintes fases:

- **Primeira fase - 1837 a 1912**

Segundo [19], em 1837, na Inglaterra, foi criada a primeira carruagem elétrica. Portanto, aproximadamente 40 anos antes do primeiro automóvel, o motor de combustão interna, o “*Patent motorwagen*”, desenvolvido pelo conceituado engenheiro “*Karl Benz*”, em 1886. Ainda de acordo com [19], em 1897, surge a primeira frota de táxis elétricos em Londres, mas o ponto alto da produção e venda dos veículos elétricos ocorreu entre os anos de 1890 e 1910. Estes veículos tiveram um impacto positivo, por não levar as contrariedades que os veículos de combustão interna e externa (veículos a vapor), tais como: barulho, poluição e arranque à manivela, causada por contragolpes do motor de combustão interna, além da demora e do risco de incêndios, no caso dos motores de combustão externa.

Em 1899, o Belga “*Jenatzy*” abordo do “*La Jamais Contente*” conseguiu superar o recorde de velocidade com um veículo elétrico, atingindo uma velocidade 106Km/h, ver Figura 2.1.

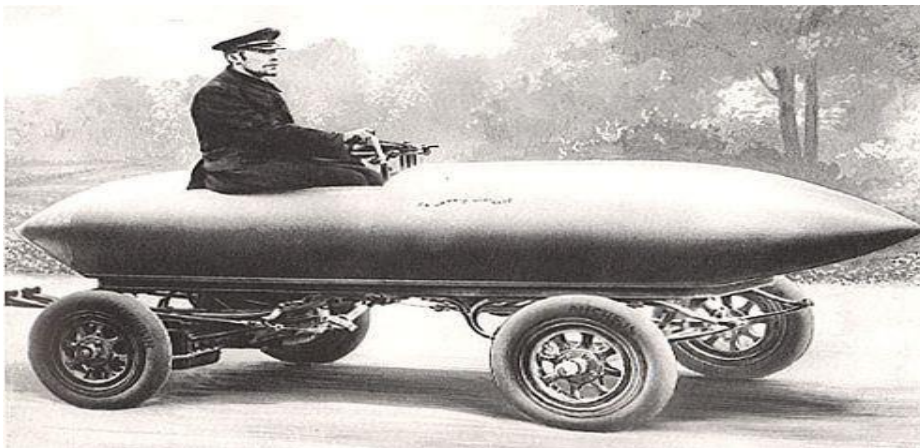


Figura 2.1- Jenatzy a bordo do seu “*La Jamais Contente*” [19]

- **Segunda Fase - 1912 a 1973**

A partir de 1920, um grande número de veículos já possuía arranque elétrico. Mais precisamente em finais de 1950 e princípio de 1960, as indústrias de automóvel começaram por criar alternativas devido às preocupações com a poluição e seus efeitos no ambiente humano, todas iniciativas visavam no aperfeiçoamento dos veículos nesta época, fazendo com que o veículo “*Henney Kilowatt*” fosse lançado em 1959, para responder com o paradigma da poluição, como

ilustrado na Figura 2.2. O veículo era movido a baterias de chumbo-ácido, fazendo dele o primeiro veículo elétrico transistorizado [20],[21].

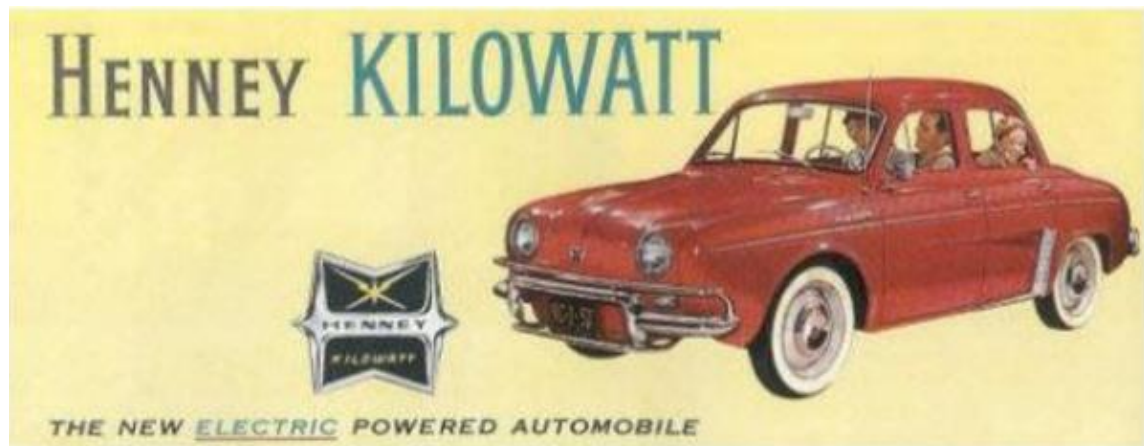


Figura 2.2- Veículo elétrico "Henney Kilowatt" [21]

- **Terceira Fase - 1973 a 1996**

Uma das particularidade que se verificava durante esta fase é que os veículos funcionavam com a tecnologia de armazenamento de energia semelhante à tecnologia da primeira fase do veículo elétrico, quer dizer, baterias com base de chumbo-ácido [19].

Como a autonomia dos veículos era relativamente baixa, faziam-se esforços em se produzir veículos com maior autonomia, mas durante a primeira metade dos anos 80 quando foi superada a crise do petróleo e os preços no mercado internacional começaram a cair, os veículos convencionais tiveram uma maior procura. Nesta mesma época, estudos nas áreas de eletrônica começa a obter resultados significantes que possibilitou em um aumento na eficiência dos motores de combustão.

- **Quarta Fase - 1996 em diante**

Durante esta fase, procurou-se idealizar a produção de um veículo, que fosse completamente sem emissão ou quase nulo em poluição, a exemplo do etanol, chegasse a dar contribuição para a redução dos níveis de poluição atmosférica e sonora nos centros urbanos, e que de certa maneira viesse a complementar a oferta por meios de transporte autônomos [22].

O lançamento do GM EV1 pela *General Motors* em 1996, foi uma amostra da evolução do veículo elétrico, pela forma como era observado desde os anos passados. A Figura 2.3 é a ilustração do GM EV1, neste modelo de veículo já vinha associado com baterias de melhor tecnologia e inovação no sistema de propulsão, no caso de um motor de corrente alternada e com inversor de frequência.

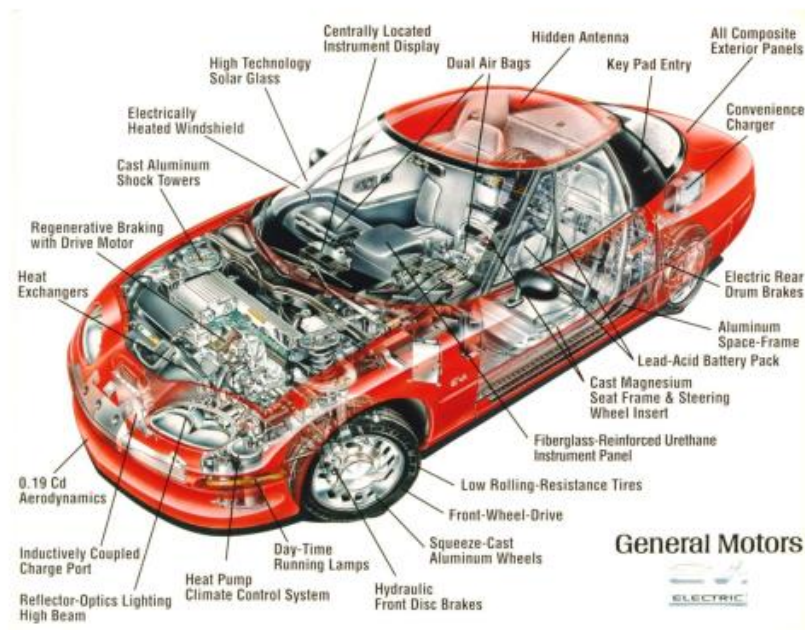


Figura 2.3- GM EV1 [22].

O EV1 apresentava uma constituição, composta por baterias de alta densidade energética, motor de corrente alternada e inversor de frequência, chegando a manter-se como a alternativa adotada pelos maiores desenvolvedores de veículos elétricos até os dias atuais.

## 2.3. Veículos Elétricos na atualidade

Os maiores avanços no sector dos VE's começaram a ser notados a partir de 2010 segundo [23], foi durante este tempo que vários modelos foram apresentados, como propostas de várias empresas do sector automóvel. Surgiu o “*Nissan LEAF*”, que contribui para em 2011, se alcançar a marca dos mais de 50.000 veículos elétricos em circulação pelo mundo. Ano depois, o *Chevrolet Volt* entra em circulação, um veículo híbrido *plug-in* que superou o número de vendas pela metade de outras marcas de veículos nos EUA [24]. Este processo de “hibridização (cruzamento)” dos veículos convencionais, é de certa forma a ligação perfeita entre os veículos convencionais e veículos elétricos. As mudanças paulatinas dos veículos convencionais para veículos híbridos, faz-nos crer que, num futuro próximo, se comece a pensar em possíveis mudanças dos veículos híbridos para os veículos 100% elétricos. Mas do que uma mera alternativa para os veículos convencionais, os VE's são vistos hoje como um ganho. É uma solução que viabiliza pôr fim aos mais variados problemas que assolam os dias de hoje a sociedade, a situação climática e não só, provocada pelos veículos convencionais nos últimos anos. O veículo elétrico veio para ficar, é uma solução que ganha cada mais força, pelo facto de as principais marcas de automóveis já terem apresentado os seus veículos elétricos e estão cada vez mais empenhadas em apostar nesta tecnologia.

De acordo com todo o historial do veículo elétrico, não é possível prever que este seja altura em que o veículo elétrico irá ser definitivamente adotado, pois ainda apresentam algumas desvantagens que estão a revelar difíceis de ultrapassar, de certo modo se espera levar em consideração todos benefícios dos VE's enquanto verdadeiras alternativas para os veículos convencionais [19], [24].

Cabe dizer que a evolução histórica dos VE's foi lenta e gradual, mas a partir dos anos de 2010 começou-se a notar grandes avanços nos veículos elétricos, pois os mesmos veículos apresentavam alguma autonomia mesmo sendo bastante baixa, mas é consideravelmente agradável, pois estamos presente a uma era que tem apostado nesta tecnologia dos VE's e no armazenamento das baterias tendo em conta a autonomia, nos referimos ao mais recente modelo de veículo elétrico com uma autonomia de até 1000Km, o *Quant 48Volt* do fabricante *NanoFlowcell* [25].

## **2.4. Classificação dos veículos elétricos**

Os VE's apresentam a seguinte classificação [26],[27]:

- veículos elétricos híbridos;
- veículos elétricos híbridos *plug in*;
- veículos 100% elétricos;
- veículos elétricos com célula de combustível.

### **2.4.1. Veículo Elétrico Híbrido**

O veículo elétrico híbrido ou simplesmente VEH é um veículo que usa um motor elétrico, sendo ligado pela energia proveniente de algumas baterias, formando assim um pequeno banco de baterias, e por um motor de combustão interna (veículos convencionais) alimentado por combustível [28]. O VEH é composto no seu funcionamento de dois tipos de armazenamento de energia, a energia proveniente do banco de baterias usada para alimentar o motor elétrico, neste caso o motor de tração. O segundo armazenamento está relacionado com o combustível, ou seja, o combustível é utilizado no funcionamento do motor de combustão interna, e por intermedio dela haja conversão de energia mecânica em elétrica, para o carregamento do banco de baterias [29].

O acoplamento de um motor de combustão e elétrico que caracteriza os VEH's, garante redução significativa do consumo de combustível se forem comparados ao funcionamento dos veículos convencionais. O VEH tem geralmente duas configurações, série e paralelo.

Na configuração em série, o motor de combustão aciona o gerador com a objetivo de fornecer energia elétrica. O motor de combustão pode funcionar para recarregar as baterias ou alimentar diretamente o motor elétrico. Já na configuração em paralelo, o motor de combustão e o motor

elétrico são ligado à transmissão, e os dois podem fornecer energia para movimentar o veículo [28],[30].

#### **2.4.2.Veículo Elétrico Híbrido *Plug-in***

Os veículos elétricos híbridos *plug-in* ou VEHP's apresentam uma constituição semelhantes aos VEH's, entretanto são conectados a uma tomada elétrica para recarregar as baterias [31]. Os VEHP's são concebidos para funcionar em diferentes modos de gerenciamento de energia, dos quais distinguem-se:

- *Charge Sustaining Mode (CS)*: O modo de carregamento da bateria é controlado para permanecer dentro de um tempo de operação. Neste estado, o carregamento da bateria não muda com o tempo, o motor de combustão está encarregue de alimentar o sistema de propulsão do veículo.
- *Charge Depleting Mode (CD)*: Neste modo a energia fornecida pela bateria é flutuante, fazendo com que a carga da bateria diminua até atingir um nível mínimo durante a condução.
- *Electric Vehicle Mode*: Para este modo de operação, o motor elétrico funciona de forma independente. A energia da bateria é a fonte principal para o veículo.
- *Engine Only Mode*: Neste modo, a tração elétrica não entra em funcionamento.

As mudanças dos vários estados de gerenciamento de energia, tem um monitoramento automático em função de cada estado de carga da bateria, como a velocidade do veículo, temperatura da bateria, temperatura ambiente, torque e velocidade de rotação do motor [32].

#### **2.4.3.Veículo 100% Elétrico**

A bateria é o componente mais importante na construção de um veículo elétrico. Para que um veículo 100% elétrico tenha êxito comercial, as baterias têm de alcançar certos objetivos. Os mesmos objetivos devem ser capazes de acompanhar os ciclos de vida, a energia específica e o preço.

Os veículos 100% elétricos, ou simplesmente VEB's aproveitam o armazenamento de energia em um banco de baterias como a principal fonte de energia para alimentação do motor elétrico. Os VEB's precisam ser recarregados regularmente, o que pressupõe largos períodos de carregamento [33]. O carregamento em geral pode ser feito durante a noite, fora do horário de pico ou em qualquer período que o veículo ficar estacionado, a partir de uma tomada residencial normal, ou industrial. Todavia, caso se queira que o processo de carregamento seja feito em um curto espaço de tempo é necessário uma infraestrutura elétrica específica, com as ligações elétricas apropriadas, pois estas infraestruturas requerem correntes e potência elevadas, esta condição não seria possível em tomadas convencionais, por causa da limitação de potência [34].

#### **2.4.4. Veículo Elétrico com Célula de Combustível**

Os veículos elétricos com células de combustível, VECC's são veículo no qual a energia elétrica é produzida no interior do veículo, através de um processo eletroquímico em que a energia do hidrogênio é convertida em eletricidade [35]. Toda energia elétrica produzida alimenta o motor elétrico e recarrega a bateria. Este processo é diferente das baterias que fornecem energia por meio de elementos ativos armazenados em elétrodos sólidos, as células de combustível fornecem eletricidade à medida que são alimentadas por elementos ativos e reagentes, no caso do álcool, hidrocarbonetos e hidrogênio [27],[36].

### **2.5. Vantagens e Desvantagens dos veículos elétricos**

Os veículos elétricos apresentam várias vantagens relativamente aos veículos convencionais, mas, entretanto, também possuem desvantagens que podem embaraçar o êxito da sua implementação.

#### **2.5.1. Vantagens dos veículos elétricos**

Tenciona-se fazer uma análise resumida das principais vantagens, que envolvem os veículos elétricos, no processo de escolha com um veículo convencional.

- **Eficiência:** Em termos de eficiência o veículo elétrico é de certa forma mais eficiente que o veículo convencional. Os motores dos veículos elétricos transformam cerca de 70% da energia provenientes das baterias em energia útil, e os motores dos veículos convencionais aproveitam cerca de 20% da energia proveniente da gasolina [37]. Os VE's apresentam baixo custo de manutenção em relação aos veículos convencionais.
- **Zero emissões:** Este ponto deve ser uma das principais características a se ter em conta nos VE's, ou seja, o facto deste não emitir qualquer tipo de gases durante o seu uso, é uma particularidade ímpar que estes tipos de veículos apresentam [38],[39].
- **Veículo silencioso:** O funcionamento do veículo elétrico é bastante silencioso, o que não acontece com os veículos convencionais pois durante seu funcionamento produzem certo nível de poluição sonora, que é visto como grande problema para residentes dos centros urbanos pela fluidez constante dos veículos [39].

#### **2.5.2. Desvantagens da utilização do veículo elétrico**

A seguir destacamos as principais desvantagens a ter em conta, quanto ao processo de escolha de VE's e veículos convencionais.

- **Autonomia:** Os veículos elétricos ainda são conhecidos como veículo de baixa autonomia, o que não lhes permite atingir mais que 200Km na maioria de seus modelos, mesmo tendo suas baterias completamente carregadas [37]. Esta situação é vista como preocupante por parte de novos utilizadores. Segundo [40], faz referência que 75% dos utilizadores

dos VE's, verificam na baixa autonomia a grande barreira, é um requisito bastante crítico que é analisado no momento de compra desse tipo de veículo.

- Tempo de carregamento: Sem o uso dos postos de carregamentos rápido, os VE's necessitam em média de 8 horas para o carregamento completo da bateria. A inutilidade do veículo durante este tempo, implica alguns sobressaltos em questões de urgências caso se pretenda fazer uso do veículo. Ainda existe a agravante situação de esperar muito tempo, e correr o risco de a bateria não ter carga suficiente para percorrer o número de quilômetros preciso, é um fator motivador de angústia dos utilizadores de VE's. Atualmente é possível realizar carregamento rápido, em que grande parte da bateria é carregada em cerca de 20 a 30 minutos.
- Custo de aquisição: A obtenção de veículos elétricos é caracterizado por ter custos elevado. É um fator que pesa no momento da escolha entre um veículo elétrico e um veículo convencional. Trata-se de uma tecnologia que está em fase de crescimento, e com os avanços que se obteve, uma possível redução de custo referente a esta tecnologia, não é possível porque seu desenvolvimento acarreta custos bastantes altos [41].
- Custo de aluguel ou troca da bateria: Outro senão está relacionado a um custo adicional elevado para o aluguer ou compra da bateria, um custo que pode ser mensal ou anual. De acordo as questões de desenvolvimento desta tecnologia, ela vem acompanhada de altos custos [42].
- Condição de aceitação: Cabe ao utilizador final fazer uma escolha entre um veículo elétrico ou convencional. Qualquer análise a ser feita, por um possível utilizador do veículo, deve ter em conta hábitos sociais. A autonomia do VE e a ausência de posto de carregamento suficientes para atender os VE's, provoca que os utilizadores optem pelos veículos convencionais [42].

A falta de conhecimento dos utilizadores sobre as vantagens e o pouco aproveitamento do veículo elétrico, tem levado a certo desinteresse do uso desta tecnologia de VE's. Outro ponto em consideração para o veículo elétrico consiste no seu desempenho e performance, pois grande número dos VE's construídos não chegam a atrair propriamente uma parte dos utilizadores [43].

## **2.6. Análise comparativa de consumo entre Veículos elétricos e Veículos convencionais**

Impossível falar dos veículos elétricos sem associar as baterias, pois são responsáveis para o armazenamento de energia que alimenta os seus motores elétricos. O grande problema dos veículos elétricos está relacionado com certos inconvenientes em relação ao armazenamento de



energia. As baterias usadas para os veículos elétricos são do tipo secundárias, estas por vez são recarregáveis.

Para a análise que se levará a cabo nestes pontos sobre o armazenamento e consumo de energia das baterias, cabe-nos salientar que a unidade de energia é o Joule (J), entretanto, não é unidade muito utilizada, e para potência é usada o Watt. A potência e energia estão relacionadas com o tempo, fazendo uma ligação entre as duas grandezas. Mas para se falar da energia que contém certa quantidade de combustível temos que correlacionar com calorias ou Kcal, em vez do joule, pois os combustíveis libertam calor quando se oxidam.

É importante ter noção que todas essas unidades podem ser convertidas umas das outras, portanto, é mais fácil assim fazer uma análise sobre a quantidade de energia usada em veículos elétricos e veículos convencionais. Segundo [44], faz referência que 1KWh é equivalente a 860Kcal. Entretanto, sabe-se que 1 litro de gasolina pesa cerca de 720 gramas, perfazendo 7630Kcal de energia.

Geralmente num veículo convencional, parte do combustível não é transformado em trabalho útil, mas é perdido sob a forma de calor. Admite-se que, em média, o rendimento de um veículo com motor a gasolina é de 25% (sobe para 30% se o motor for a gasóleo). Em contrapartida, no veículo elétrico pode-se obter rendimentos de 85 á 90%. Falar do rendimento de um veículo elétrico ou convencional implica relacionar o consumo tanto de combustível com o de energia, ou seja, no veículo convencional parte da energia proveniente de gasolina é perdida, podendo ter um aproveitamento de 25%. Isto quer dizer que o veículo tem um rendimento considerável quando faz o uso desta energia em longos Km percorridos. E no caso do VE é uma situação bem diferente pois aproveita 85 á 90% da energia da bateria para exercer trabalho útil, ocasionando assim uma dependência total na autonomia da bateria, ou seja, maior autonomia da bateria melhor desempenho do VE, por este ter excelente aproveitamento do motor elétrico. Partiremos para uma análise com uma bateria de veículo elétrico com autonomia de 50KW, e considerando um rendimento de 90%.

Como 1KWh equivale 860Kcal, assim pode-se fazer  $50 \times 860$  que resulta em 43000Kcal. Esta quantidade de caloria é para um VE com autonomia de 50KW sem qualquer perda. Mas se tivermos que considerar o rendimento do VE em 90%, podemos obter  $43000 \times 0,9$  que resulta em 38700Kcal de consumo por VE quando a bateria está completamente carregada.

Tendo em conta que um veículo a gasolina tem uma capacidade média no seu depósito de 50 litros, é possível realizar os cálculos em termo de calorias. Sendo que 1l equivale 7630Kcal, então  $50 \times 7630$  resultará em 381500Kcal considerando um aproveitamento efetivo em cada litro de gasolina. Como o veículo convencional aproveita 25% da energia da gasolina logo  $381500 \times 0,25$  e teremos 95375Kcal que geralmente é a energia consumida em 50 litros.

Um veículo elétrico com 50KW de autonomia na sua bateria consome 38700Kcal, faremos uma equivalência deste valor para litros de combustíveis. Considerando que 1 litro de combustível apresenta uma equivalência de 7630Kcal, como parte desta caloria é perdida em forma de calor, para esta quantidade de caloria, apenas 25% se utiliza como trabalho útil, então  $7630 \times 0,25$  resultando assim 1907,5Kcal de consumo por litro de gasolina.

Para o caso do veículo convencional (motor a gásóleo), em 1 litro teremos  $7630 \times 0,30$  que resulta em 2286Kcal.

Tendo em consideração a quantidade de energia consumida em um VE, com autonomia de 50KW relacionando está autonomia em litros de combustíveis (gasolina e gásóleo), teremos para o veículo convencional a gasolina 20,2883 litros. No caso do veículo a gásóleo teremos 16,9069 litros.

Na tabela 2.1 é possível observar as características que os combustíveis apresentam.

**Tabela 2.1- Relação do Poder Calorífico dos Combustíveis [45].**

| Combustíveis                        | Líquidos    | Gasolina | Gasolina reform. baixo enxofre | CA reform. gasolina | Diesel  | Diesel baixo enxofre |
|-------------------------------------|-------------|----------|--------------------------------|---------------------|---------|----------------------|
| Poder Calorífico Inferior (PCI) [1] | Btu/gal [2] | 116,090  | 113,602                        | 113,927             | 128,450 | 129,488              |
|                                     | Btu/lb [3]  | 18,679   | 18,211                         | 18,272              | 18,397  |                      |
|                                     | MJ/kg [4]   | 43       | 42                             | 42                  | 43      | 43                   |
|                                     | kWh/kg      | 12       | 12                             | 12                  | 12      | 12                   |
|                                     | kcal/kg     | 10,377   | 10,117                         | 10,151              | 10,221  | 10,178               |
| Poder Calorífico Superior (PCS) [1] | Btu/gal [2] | 124,340  | 121,848                        | 122,174             | 137,380 | 138,490              |
|                                     | Btu/lb [3]  | 20,007   | 19,533                         | 19,595              | 19,676  |                      |
|                                     | MJ/kg [4]   | 47       | 45                             | 46                  | 46      | 46                   |
|                                     | kWh/kg      | 13       | 13                             | 13                  | 13      | 13                   |
|                                     | kcal/kg     | 11,115   | 10,851                         | 10,886              | 10,931  | 10,885               |
| Densidade                           | g/gal       | 2,819    | 2,830                          | 2,828               | 3,167   | 3,206                |
|                                     | g/cm        | 0,745    | 0,747                          | 0,747               | 0,837   | 0,847                |
|                                     | g/l         | 745      | 747                            | 747                 | 837     | 847                  |

# Capítulo 3

## 3. Carregamento de Veículos Elétricos

### 3.1. Introdução

Os veículos elétricos fazem parte da nossa realidade há muitos anos, propriamente desde 1837, e evoluiu com o passar dos anos, e de igual forma os postos de carregamento de veículos elétricos também acompanharam a mesma evolução. O passar dos tempos fizeram com que o número de posto de carregamento aumentasse, o que implica maior uso dos veículos elétricos [46]. Os postos de carregamento têm apresentado uma evolução significativa, como se pode observar nas Figuras 3.1 e 3.2.



Figura 3.1- Estação de carregamento para veículos elétricos em 1917, St. Pancras (Londres) [46].



Figura 3.2- Estações de carregamento rápido 2017 [47].

O processo de carregamento de um veículo elétrico baseia-se na transferência de energia da rede elétrica ou através do posto de carregamento para bateria, até que esta atinja o nível máximo, ou carga suficiente de fazer mover o veículo. Geralmente nos VE's estão incorporados no seu

interior um carregador que recebe energia em corrente alternada e transforma para corrente contínua. Para o carregamento do veículo elétrico é necessário conecta-lo à rede elétrica, isto pode ser por meio de um posto de carregamento ou simplesmente através de uma tomada doméstica normal.

A ligação de um veículo elétrico à rede elétrica por meio de uma tomada doméstica, que pode durar até 8 horas de carregamento para a bateria do VE, irá solicitar à rede elétrica uma baixa potência. No caso de uma pequena residência, a tomada da instalação deve ser capaz de suportar o longo período de ligação do veículo elétrico. Os VE's apresentam uma forma de carregamento diferenciado em relação ao carregamento de veículos convencionais, todavia o carregamento de VE's é aparentemente mais simples, contudo leva mais tempo que em veículos convencionais. O carregamento de VE's é longo, podendo ser realizado em todo local que se tenha acesso a uma tomada doméstica, desde que a instalação reúna algumas condições, no caso de corrente monofásica de 230V e 16/32A [48]. Desta forma, para que houvesse maior organização foi estabelecida a Norma internacional IEC 62196 [49], que padronizou todos os tipos de ligações elétricas e modos de carregamentos para os veículos elétricos.

São vários sistemas de carregamentos existentes atualmente , dos mais conceituados fazem parte, o protocolo “*Chademo*” no Japão (carregamento DC), “*Mennekes*” na Europa, “SAE J1772” no Estados Unidos América (EUA) e Japão [50]. Existem três formas de carregamento:

- a troca de baterias;
- o carregamento normal ou lento;
- o carregamento rápido.

Quanto ao funcionamento dos postos de carregamento para veículos elétricos, são levados em consideração dois aspetos: a rapidez do carregamento e o modo como é realizado. Na rapidez do carregamento são considerados três modos:

- carregamento lento;
- carregamento semi-rápido;
- carregamento rápido.

No modo como é realizado, considera-se duas operações: o carregamento sem comunicação, que está relacionado ao modo 1 e o carregamento inteligente que abrange os modos 2, 3 e 4 [50].

## 3.2. Rapidez do Carregamento

Por meio da Tabela 3.1, é possível observar os diferentes modos de funcionamento da Norma IEC 62196.

Tabela 3.1- Modos de funcionamento referentes à Norma IEC 62196 [46].

|                      | Modo 1                  | Modo 2                  | Modo 3                  | Modo 4 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| Tipo de Carregamento | Lento                   | Normal                  | Semi-Rápido             | Rápido |
| Corrente Máxima      | 16A                     | 32A                     | 250A                    | 400A   |
| Sistema              | Monofásico ou Trifásico | Monofásico ou Trifásico | Monofásico ou Trifásico | DC     |

### 3.2.1. Carregamento lento

O carregamento do veículo elétrico em modo lento, está relacionado com a ligação do VE em uma tomada normal de 230V, 50Hz e 16A. Para o funcionamento neste modo de carregamento, os VE's dispõem no seu interior um carregador que converte a tensão alternada (AC) da rede elétrica para a tensão de funcionamento das baterias, para isso faz-se o uso do *Battery Management System* (BMS). O tempo de carregamento neste modo varia entre 6 a 8 horas, sob condição das baterias estarem descarregadas [50].

### 3.2.2. Carregamento semi-rápido (em AC)

No carregamento de VE's em modo semi-rápido, o veículo é carregado no período de 1 a 2 horas, é necessário neste modo de carregamento um posto com uma potência que varia entre 10 a 20KW. Para que os VE's possam funcionar com este tipo de carregamento, devem ter um conversor trifásico que fará a conversão da tensão alternada trifásica da rede elétrica para a tensão de funcionamento das baterias [50].

### 3.2.3. Carregamento rápido (em DC)

O modo de carregamento rápido está baseado no carregamento da bateria em 80%, podendo ser efetuado entre 20 a 30 minutos. Para o processo de transferência da energia (energia = potência x tempo) em tempo reduzido é necessário um sistema capaz de retirar alta potência, que variam entre 40 e os 100KW para estes postos de carregamento. Estas infraestruturas necessitam de um posto de transformação para que a potência contratada não seja muito dispendiosa. A solução efetiva para o uso de posto de carregamento rápido é a colocação de eletrônica de potência nos referidos posto, pois esta energia é transferida em corrente contínua. Se a tensão de

funcionamento do veículo elétrico for 330V como por exemplo, referimo-nos de correntes na ordem de 150 a 300A. Geralmente, estes sistemas requerem uma rede elétrica robusta, que não é possível encontrar em muitos locais. É preciso levar em consideração os impactos da inclusão dessas cargas não lineares, acabando por causar perturbações nos níveis de tensões da rede elétrica [51].

### 3.3. Modos de Carregamentos dos VE's

Quanto aos modos de carregamento para um veículo elétrico é uma temática que está em contínuo desenvolvimento e investigação. O VE ao ser carregado necessitará de elevada corrente durante um determinado tempo, esta situação reflete os desafios que toda instalação elétrica enfrentará.

Como foi referenciado o carregamento do veículo elétrico é feito através de várias formas, desde o uso de uma tomada doméstica, postos de carregamentos concebido para tal feito, ou por meio do carregador equipado no interior do veículo, estes carregamentos normalmente são realizados em corrente alternada ou contínua [52]. Em corrente alternada, o conversor AC-DC encontra-se no veículo, realizando a conversão da corrente AC fornecida pela rede elétrica em CC, para o carregamento das baterias. E em corrente contínua, o carregamento é feito por uma transferência de alta potência em um intervalo de tempo reduzido, geralmente é considerado carregamento rápido. A conversão de AC-DC, neste caso é realizado antes da ligação do veículo, ou seja, não é necessário a conversão da corrente do carregador equipado no VE, toda conversão é feita diretamente pelo posto de carregamento. Em corrente contínua as secções dos condutores, assim como todos os equipamentos são maiores em relação aos usados no carregamento em corrente alternada.

Tendo em conta a variação do tempo de carregamento, a Tabela 3.2 ilustra os diferentes modos e tempos de carregamentos do veículo elétrico de acordo com a tensão, potência e corrente máxima admissível.

**Tabela 3.2-** Tempo de carregamento de um veículo elétrico nos diferentes modos [46].

| Tempo de Carregamento |               | Potência (KW)  | Tensão (V) | Corrente máxima (A) |
|-----------------------|---------------|----------------|------------|---------------------|
| <b>Modo 1</b>         | 6/8 horas     | Monofásico-3.3 | 230 AC     | 16                  |
|                       | 3/4 horas     | Monofásico-7.4 | 230 AC     | 32                  |
| <b>Modo 2</b>         | 2/3 horas     | Trifásico-10   | 400 AC     | 16                  |
|                       | 1/2 horas     | Trifásico-22   | 400 AC     | 32                  |
| <b>Modo 3</b>         | 20/30 minutos | Trifásico-43   | 400 AC     | 63                  |
| <b>Modo 4</b>         | 20/30 minutos | Contínua-50    | 400/500 CC | 100/125             |
|                       | 10 minutos    | Contínua-120   | 300/500 CC | 300/350             |

Segundo [53], foram definidos quatro modos de carregamento de veículos elétricos, mediante a Norma EN-NP (europeia-portuguesa) 61851.

### 3.3.1. Modo 1

O carregamento em modo 1 ou “*dumb charge*”, ilustrado na Figura 3.3, é o modo mais simples de carregamento, é o utilizador do veículo elétrico responsável pela ligação do veículo à rede elétrica, dispondo de tomada normal de 16A, para esta ligação o utilizador requer ter uma instalação monofásica que reúna as seguintes especificações: condutor fase, neutro e terra de proteção [54],[55].

Neste carregamento a existência do sistema de proteção à terra, é bastante importante, para isso é preciso na instalação de um disjuntor diferencial com uma sensibilidade de  $I_n \leq 30\text{mA}$ . Cabe ao utilizador assegurar esta proteção.

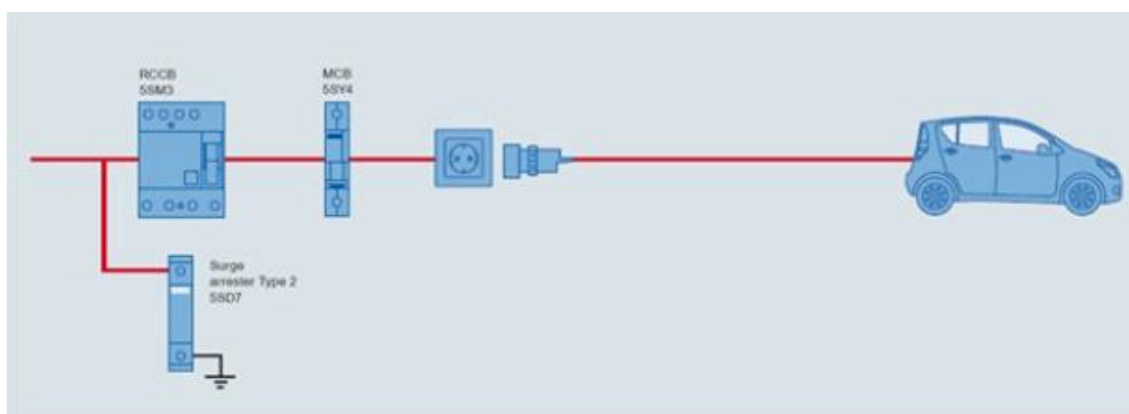


Figura 3.3- Modo 1 de carregamento, com componentes da Siemens [52].

- **Carregamento inteligente**

O carregamento inteligente é usado nos modos de carregamento 2,3 e 4. Engloba um sistema de gestão de carregamento, que tem a função de garantir o carregamento do VE nas horas de menor carga da rede elétrica, isto é, no horário económico. Este sistema de gestão é capaz de obter informação sobre as condições da rede elétrica e controlar o carregamento do veículo. Os utilizadores deste tipo de sistema de carregamento podem ser favorecidos com tarifas baixas, portanto este modo de carregamento para os utilizadores representa poupança em tarifas e redução impacto a rede elétrica.

### 3.3.2. Modo 2

O carregamento em modo 2 é realizado em AC e está incorporado um sistema eletrónico e a proteção elétrica instalada num “Control Box” (ICCB). Este *Control Box* está inserido na extremidade do cabo onde é ligado o conector normalizado (tomada doméstica ou industrial). E a ligação à rede elétrica é feita por outra extremidade do cabo ligado a um conector de modo 3

para conectar ao veículo, como ilustrado na Figura 3.4. Entretanto, a ligação entre o veículo elétrico e o *Control Box* está percorrido pelo “piloto de controlo”.

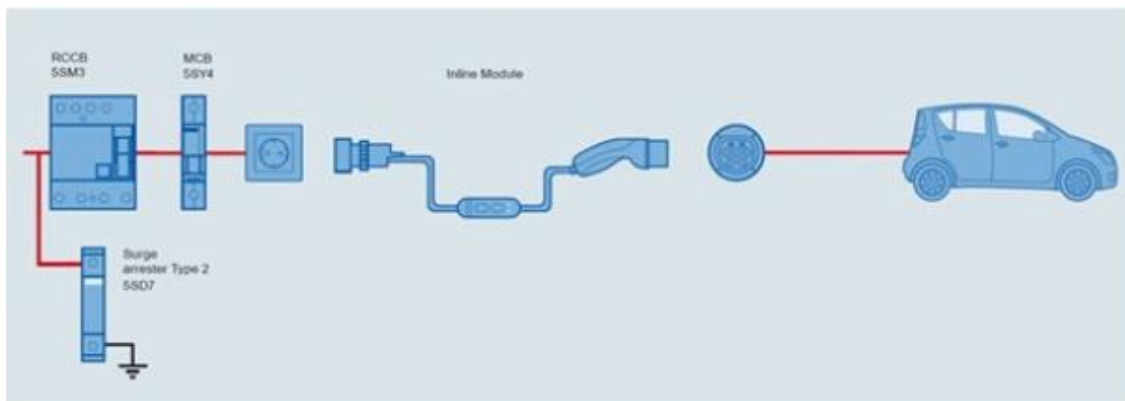


Figura 3.4- Modo 2 de carregamento, com componentes da *Siemens* [52].

### 3.3.3. Modo 3

No Modo 3, o carregamento baseia-se de igual forma na alimentação em corrente alternada. Na ligação entre o veículo elétrico e o posto de carregamento existe maior segurança, desde o processo de carregamento do VE e redução de risco durante a operação, por causa do alto nível de potência neste modo. Existe comunicação efetiva entre o posto de carregamento e o VE [54]. Neste modo de carregamento existem componentes essenciais, no caso dos conectores para ligações destinadas especificamente para os VE's, estas reúnem: condutores de fase, neutro, terra de proteção, piloto de controlo e piloto de proximidade, também está incorporado um sensor que deteta a inserção do conector, como observado na Figura 3.5. Estes conectores possuem um elemento para encaixe próprio. O piloto de controlo, é responsável pela comunicação entre o veículo elétrico e o posto de carregamento por meio do envio de um sinal contínuo, permitindo assim que se ajuste o limite de corrente a ser gasto pelo veículo, de acordo com os requisitos funcionais do conector e instalação.

O piloto de controlo cria todas condições para o carregamento, e a existência de alguma falha no sistema não será realizado o carregamento. O carregamento em Modo 3 só é realizado com veículos que também incluem um sistema em Modo 3 para a comunicação dos mesmos, e na falta deste sistema o VE não carregará [55].



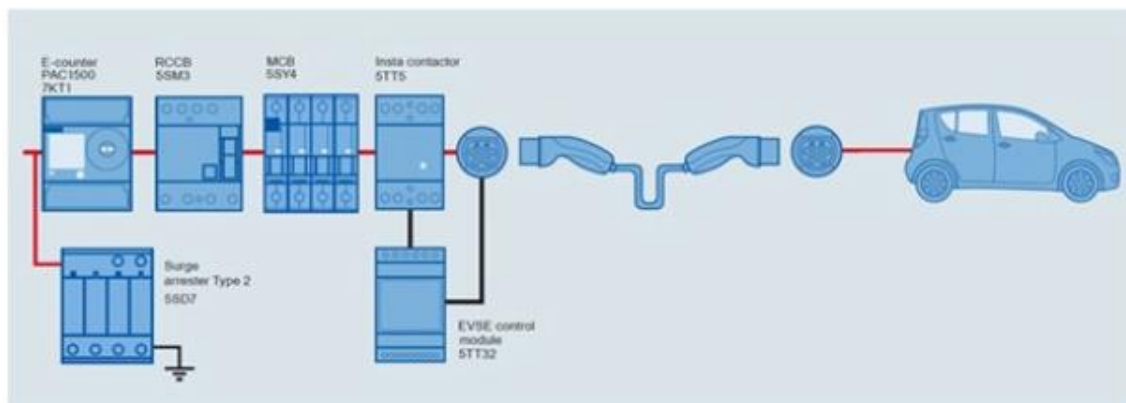


Figura 3.5- Modo 3 de carregamento, com componentes da Siemens [52].

Para o funcionamento no Modo 3, existem três modelos de conectores que possuem as seguintes características:

### 3.3.3.1. Tipo 1

Este conector do tipo 1 para o Modo 3 é chamada “Yazaki” ou simplesmente SAE J1772, mais usada no Japão e EUA [17], ilustrado na Figura 3.6. Existem alguns produtores de veículos que fazem uso deste tipo de conector, como os veículos *Nissan Leaf*, *Mitsubishi Imiev*, *Citroen C-Zero* e *Peugeot I-On*. Estes conectores são concebidos para funcionarem em dois modos monofásicos um de 120V até 16A e 240V até 80A, é composta de 5 pinos, fase, neutro, terra, detetor de inserção do conector e piloto de controlo.



Figura 3.6- Conector Yazaki [17].

### 3.3.3.2. Tipo 2

Este conector do tipo 2, para o Modo 3 de carregamento tem o nome de “Mennekes” é a solução ideal dos veículos elétricos europeus *Plug-In* [56], ilustrado na Figura 3.7. Este conector de carregamento vem habilitado para funcionar com 3,7KW de potência para ligações monofásicas

e em ligações trifásicas com potências de até 43KW. Estes conectores dispõem 7 pinos: Três fases, neutro, terra de proteção, detetor de inserção do conector e piloto de controlo.

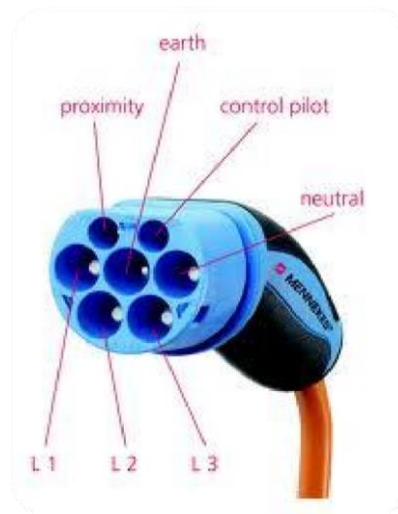


Figura 3.7- Conector *Mennekes* [56].

#### 3.3.3.3. Tipo 3

A *EV Plug Alliance* foi a desenvolvedora deste conector do tipo 3 para o carregamento em Modo 3, este conector é chamada de “*Scame*” usada na Europa [56]. É um conector que vem disponível para o funcionamento em corrente monofásica ou trifásica até 22KW (32A por fase), como se pode observar na Figura 3.8. Este conector possui 7 pinos: Três fases, neutro, terra de proteção, detetor de inserção do conector e piloto de controlo.



Figura 3.8 - Conector *Scame* [56].

#### 3.3.4.Modos 4

O carregamento em modo 4, ilustrado na Figura 3.9 está baseado em uma ligação indireta do VE à rede elétrica, ou seja, as baterias estão conectadas de modo direto ao conversor do posto de carregamento. O BMS do veículo faz o controlo entre o conversor e posto de carregamento. O modo 4 permite, geralmente, carregamentos rápidos em DC, fornecendo diretamente correntes

DC a bateria do veículo, criando um *by-pass* ao carregador. Nestes postos de carregamento possuem normalmente um conversor de AC para DC, possibilitando um carregamento rápido das baterias [57].

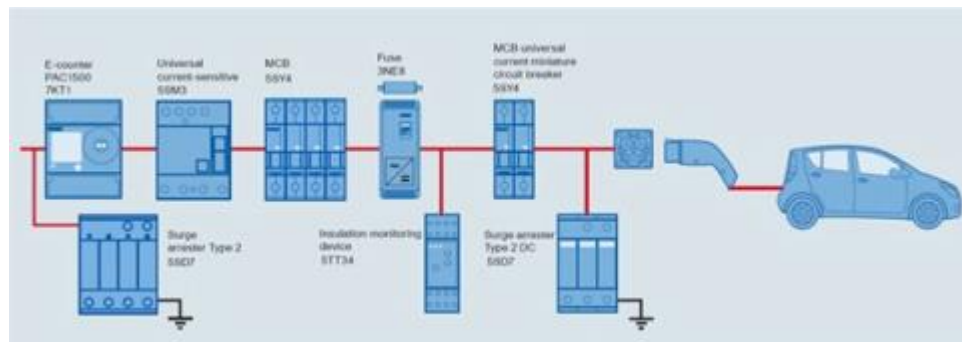


Figura 3.9- Modo 4 de carregamento, com componentes da Siemens [52].

O uso do Modo 4, está associado a Norma Japonesa a *Chademo* [58]. Os fabricantes da *Nissan* e *Mitsubishi* já fazem uso desta Norma, este conector é ilustrado na Figura 3.10. O carregamento rápido em DC de veículos elétricos, engloba potência de 62,5KW, 500V em DC e 125A de corrente, por meio de um conector específico.



Figura 3.10- Conector *Chademo* [58].

Para os veículos europeus, o carregamento rápido no modo 4, está em uso o conector “*Combo*” [59], como se mostra na Figura 3.11. O posto de carregamento com o conector *Combo* é composto pelo armário de carregamento e o cabo de carregamento fixo ao armário. O veículo durante o carregamento, controla o carregador através dos dispositivos de comunicação, o que evitará riscos de o carregador inserir corrente nociva a bateria do veículo.



Figura 3.11- Conector *Combo* [17].

### 3.4. Tipos de Postos de Carregamentos

O aparecimento dos VE's, impulsionou a criação de infraestruturas e soluções ao nível do carregamento destes veículos. O carregamento de um VE é efetuado em estações destinadas para o referido efeito, normalmente designados por postos de carregamento. De certo modo, estes devem ser numerosos e com maior abrangência para que os utilizadores possam carregar o seu veículo em casa, nas estradas, parque de estacionamento, centro comercial ou supermercado desde que se tenha disponível uma tomada convencional doméstica ou em um posto de carregamento com as características exigidas por normas estabelecidas para carregamentos de VE's. Assim sendo, é um desafio para o aperfeiçoamento constante dos VE's e evolução de postos de carregamento padrões, com diferentes modos de funcionamento, onde os utilizadores de VE's consigam carregar o seu veículo, independentemente do local, sem qualquer interrupção e obstáculo [60].

As condições que influenciam geralmente os modos de carregamentos estão relacionados com o tempo de carregamento, a carga restante nas baterias e o tipo de bateria usada. Para que se tenha melhor compreensão dos variados tempos de carregamento, são demonstradas nas Equações 3.1 e 3.2, os procedimentos de cálculo de maneira aproximada. Tendo em conta que o carregamento da bateria depende de algumas condições, porque não é carregamento totalmente linear. É dependente dos seguintes fatores: potência do carregador interno do VE, temperatura ambiente, restrições da rede elétrica e o tempo de duração do carregamento. Podendo ser ignorados outros fatores, então:

- Se o sistema for monofásico;

$$P = U * I \quad (3.1)$$

- Se o sistema for trifásico;

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \phi \quad (3.2)$$

Onde:

$P$ –Potência (W);

$U$ –Tensão (V);

$I$  - Corrente (A);

$\cos \phi$  - Fator de potência.

Depois de calculada a potência é possível determinar o tempo de carregamento através da Equação 3.3:

$$t = \frac{C}{P} * 0,8 \quad (3.3)$$

Onde,

$t$  - Tempo (h);

$C$  - Capacidade da bateria (Wh);

$P$  - Potência (W).

Até 80% de carga da bateria é considerado carregamento linear, porque depois de passar os 80% de carga da bateria, o carregamento é mais demorado. O veículo elétrico tende a limitar o consumo de corrente à rede elétrica para terminar de carregar a bateria [46]. Esta situação tem feito com que muitos proprietários dos postos de carregamento recomendem aos utilizadores de VE's que devem finalizar o carregamento logo que o VE indique 80% de carga na bateria. Quando a duração de um carregamento é superior a 30 minutos, e a bateria apresentar um nível de carga inferior a 80%, o carregamento é considerado normal, se apresentar uma carga igual ao superior, é definido como rápido.

O sistema para troca de baterias é visto como uma alternativa significativa para os postos de carregamento, mas o processo de implementação dos mesmos não superou as expectativas de muitos fabricantes, o que influenciou no pouco sucesso deste sistema, havendo poucos sistemas em todo mundial [61]. A ideia principal deste sistema baseia-se na troca de uma bateria como o nome diz, de pouca carga por outra completamente carregada. Este processo de troca é realizado por ação totalmente automática, com duração de poucos minutos, fazendo com que os longos tempos de paragem para o carregamento das baterias em postos de carregamento sejam reduzidos [62].

Entretanto, existem variados tipos de postos de carregamentos, dentre eles foi possível destacar os seguintes:

#### **3.4.1. Posto de carregamento normal**

O Posto de carregamento normal ou simplesmente PCN, está associado aos postos de carregamento lento por fazer parte dos modelos que usam tomadas domésticos. Este tipo de posto é muito usado, pois fazem parte de modelos mais instalados nas cidades europeias, como mostrado na Figura 3.12. Mais atualmente, por causa da duração do tempo de carregamento, a instalação ou montagem destes postos de carregamento tem reduzido, exceto quando são instalados em residências. Pois nas vias públicas a solução adotada passa por instalação de posto

de carregamento rápido, porque estes reduzem grandemente o tempo de carregamento de um veículo elétrico.

Todos os carregamentos com duração superior de 1 hora fazem parte do carregamento normal, ou seja, os Modo 1, 2 e 3 fazem parte deste tipo de carregamento. Neste caso a transferência de energia nos três modos de carregamento é realizada em corrente alternada, o que faz entender que os tipos de carregamentos feitos em corrente alternada são carregamentos lentos. Geralmente os postos de carregamento normal estão associados a potências que variam entre 3,7KW a 22KW. Para 3,7KW a duração de carga para um VE varia de 6 a 8 horas, para ter a capacidade da bateria totalmente carregada e para 22KW, o carregamento demora menos tempo, perfazendo 1 a 2 horas para se ter uma bateria com 80% de carga [50].



Figura 3.12 - Posto de carregamento normal [63].

Os postos de carregamento do tipo doméstico são denominados por *Wallbox* ou *Home Charger*, ilustrado na Figura 3.13 também fazem parte dos postos de carregamento normal. Por tanto, uma *Home Charger* é um sistema simples, que permite o carregamento de um veículo elétrico através de uma unidade de carregamento, normalmente instaladas em parques um estacionamento ou garagem de uma residência.



Figura 3.13 - Modelo da unidade de carregamento da *TESLA Wallbox* [64].

### 3.4.2. Posto de carregamento *Type-2AC*

O Posto de carregamento Tipo 2, geralmente chamado de *Mennekes*, por usar o conector do mesmo nome é utilizado para o carregamento veículos elétricos na Europa, apresentam uma especificação para carregar baterias de veículos elétricos de 3 a 120KW. O fornecimento de energia pode ser em corrente alternada monofásica ou trifásica e em corrente contínua. Em 2013, este conector foi o preferido das muitas opções existentes pela União Europeia, tendo sido normalizado o conector e recomendado em alguns países fora da Europa, no caso da Nova Zelândia. Os veículos associados a este posto de carregamento têm seus conectores padronizados. É um posto de carregamento que seu cabo está preso ao posto, pode permitir que o veículo seja conectado diretamente, como se observa nos postos de gasolina.

O conector Tipo 2 foi proposto em 2009. É um sistema, que foi testado e padronizado pela Associação Alemã da Indústria Automotiva (VDA), e depois recomendado pela Associação Europeia de Fabricantes de Automóveis (ACEA) em 2011. Este conector ilustrado na Figura 3.14 está associado a Norma IEC 62196 que rege o tipo 2, sendo usado de forma parcial e modificada para os veículos europeus da *Tesla* e na rede europeia *Tesla Supercharger*. Com o conector Tipo 2, se consegue carregar um veículo elétrico em 20 a 30 minutos para 80% da capacidade da bateria, foi concebido para funcionar em modo 3 e com potência máxima de 43KW [46].

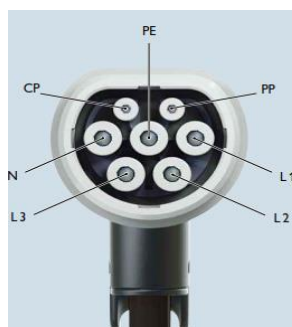


Figura 3.14- Conector para o carregamento *Type-2AC* [65]

### 3.4.3. Posto de Carregamento *CHAdemo*

*CHAdemo* é o nome atribuído aos conectores usado nos postos de carregamentos rápido de VE's, fornecendo a bateria do veículo uma potência de 62,5KW com 500V e 125A de corrente contínua. O nome do posto é uma abreviação de "*CHArge de MOve*", ou simplesmente "mover usando carga" ou "mover com carga" [60]. Este posto pode carregar veículos elétricos de baixa autonomia com 120Km em menos de meia hora.

A associação *CHAdemo* foi formada pela *Tokyo Electric Power Company*, *Nissan*, *Mitsubishi* e pela *Fuji Heavy Industries*, tempo depois a *Toyota* juntou-se as outras companhias, todas elas têm apostado no desenvolvimento de veículos elétricos que usam este conector DC para carregamento rápido.

Para um carregamento mais rápido é exigido que os carregadores sejam construídos em locais permanentes e fornecidos com ligações de correntes elevadas à rede elétrica. Todas as ligações nestes postos não possuem limites estabelecidos, porque estão relacionados com corrente e tensão elevadas, entretanto, para a instalação destes postos é necessário que se tenha uma rede elétrica capaz de suportar as elevadas solicitações de cargas durante o carregamento [66]. O conector inclui dois pinos para alimentação em DC, tendo mais dois para levar as comunicações *CAN-BUS*, como se pode verificar na Figura 3.15. O conector *CHAdemo* é especificamente para carregamentos em corrente contínua, e os veículos elétricos que têm disponível este conector dispõem de outro tipo de conector para conexão em corrente alternada [59].

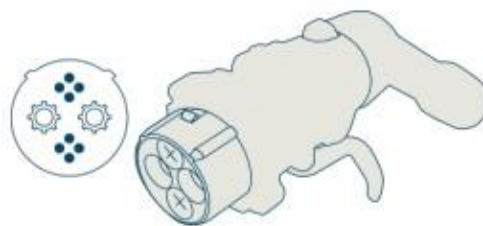


Figura 3.15- Conector CHAdemo [46].

#### 3.4.4. Posto de Carregamento SCC

O Sistema de Carregamento Combinado, “SCC” é um sistema de carregamento universal de VE’s, este sistema apresenta soluções em corrente alternada e carregamento rápido DC, incorporado em um único sistema. Este sistema necessita de uma interface de carregamento para veículo tanto em tensão monofásica, trifásica rápido e em DC rápido. O SCC, caracteriza o futuro do carregamento rápido, e de certa forma potencializa a incorporação dos VE’s nas redes inteligentes. É um sistema normalizado internacional, que é impulsionado principalmente pela *Audi, BMW, Ford, General Motors, Porsche e Volkswagen* [67]. Os modos permitidos incluem um período de carregamento resultante da rede elétrica em corrente alternada, com carregamento rápido AC e com conector trifásico, podendo ser usado em uma residência ou em estações públicas e o carregamento DC da mesma forma usado numa instalação doméstica e em modo rápido DC usado a partir de estações públicas, desde que se obedeça as condições exigidas [52]. O SCC possibilita aos utilizadores maior abrangência, tendo em conta a possível condição de uso para carregar no período noturno o VE, através de uma tomada doméstica, levando o carregamento para longas horas de duração e talvez carregar o VE em postos de carregamento públicos de elevada potência [67].

O conector do posto SCC reúne as condições para conexão em carregamento universal. O sistema dispõe dos pinos fundamentais para carregar em vários modos de carregamento existentes, além disso o conector possui um modo de segurança para carregamentos seguros. Neste sistema o carregamento é geralmente controlado por sinais elétricos, a partir do instante em que o carregamento é iniciado no instante que o conector é retirado do posto de carregamento [52].



O facto deste tipo de conector reunir muitos fabricantes de veículos, faz com que haja uniformização, pois desde sempre se procurava uma forma de padronizar os conectores, o protocolo desenvolvido surge por base as funcionalidades já existentes nos demais conectores para carregamento de VE's em AC. Considera-se que o conector SCC é amplamente utilizado nos postos de carregamento para VE's atualmente, tendo em conta seu processo de carregar um veículo. De igual modo o sistema apresenta comunicação digital automática, facilitando a comunicação do veículo e o posto de carregamento, ou seja, possibilita formas de carregamento complexos.

O conector SCC apresenta inúmeras vantagens em comparação ao conector *CHAdemo* que apenas dispõe do carregamento rápido DC, no caso do conector SCC, este permite carregamentos em corrente alternada e contínua por meio dos seus encaixes, de acordo com a preferência do utilizador e o ponto de localização do posto [68]. Foi desenvolvido dois modelos deste tipo de conector.

O conector SCC foi criado pela junção de várias marcas de veículos, tanto europeias como norte-americanas, o que impulsionou o aparecimento de dois tipos de conectores, de forma a satisfazer todas as marcas. Uma vez que as marcas de veículos norte-americanas empregam nos seus veículos elétricos conectores *Yazaki*, enquanto que as marcas europeias usam conectores *Mennekes*. O conector tipo 1 do sistema de carregamento combinado, ilustrado na Figura 3.16, é a união do conector *Yazaki*, como foi referenciado, composto por dois terminais de corrente contínua, sendo o veículo capaz de ser carregado em dois modos de carga, em DC ou AC. Já na Figura 3.17 é ilustrado o conector do tipo 2 do SCC, que é a fusão do conector *Mennekes* com dois terminais de corrente contínua.

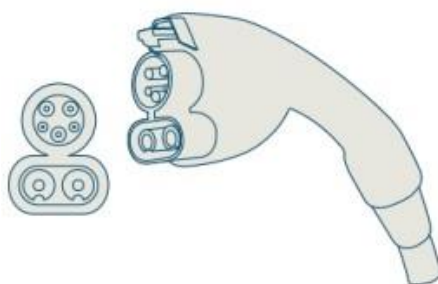


Figura 3.16- Conector SCC tipo 1 [46].

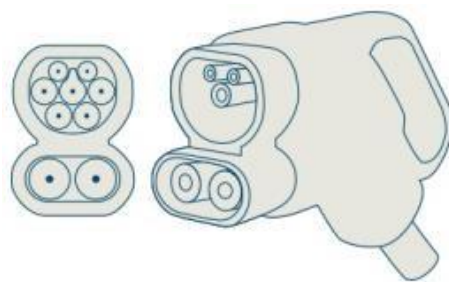


Figura 3.17- Conector SCC tipo 2 [46].

#### 3.4.5. Posto de Carregamento *SuperCharger*

Este tipo de posto de carregamento foi desenvolvido pela *Tesla*. Sendo que em 2012 a *Tesla* apostou no lançamento da sua rede de carregadores de veículos elétricos, um posto de carregamento rápido batizado com o nome *Tesla Supercharger* [61]. Este posto de carregamento dos veículos da *Tesla* ainda é pouco utilizado, mas tendo em conta a possibilidade de crescimento da marca devem ser levados em consideração, em consequência do vasto avanço tecnológico, aceitação da marca a nível internacional e também a expansão comercial dos seus veículos. Por tanto, faz-se referência da existência de mais 651 estações de carregamento distribuídos pelo mundo, que equivalem 6550 postos de carregamento *SuperCharger* [69]. Os conectores utilizados nestes postos, que é observado na Figura 3.19 apresentam a desvantagem de permitir simplesmente o carregamento de veículos da *Tesla*, estes postos podem carregar até 120KW, e 480V de corrente contínua [61].

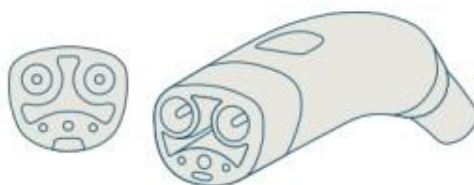


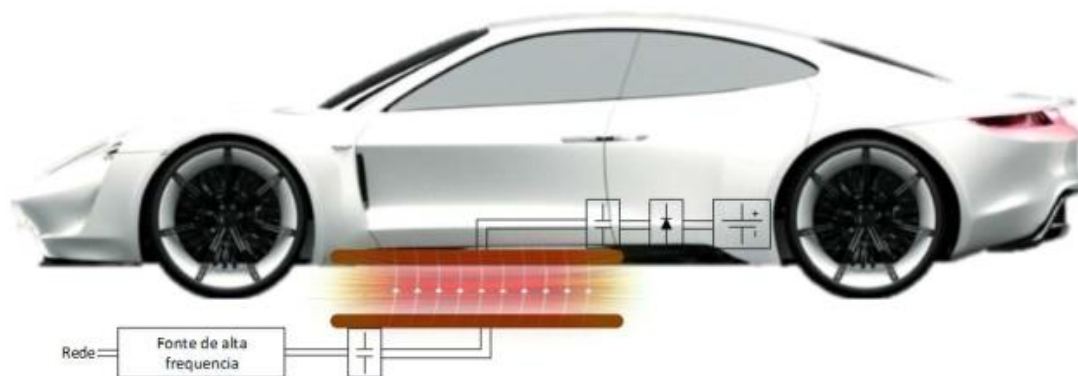
Figura 3.18- Conector da *Tesla* [46].

#### 3.4.6. Posto de Carregamento por Indução

O carregamento por indução ou simplesmente transferência de energia por indução trata-se de uma técnica em evolução que abre novas alternativas para o carregamento de baterias. Todavia, existem muitas dificuldades no que diz respeito ao controlo e a baixa eficiência do seu sistema, é tido como fatores que impedem a sua implementação [70]. Desde os tempos primórdios de *Nicola Tesla*, onde as questões sobre a transmissão de energia sem fios é uma realidade, e trabalha-se para o desenvolvimento efetivo deste sistema de carregamento nos dias atuais. O funcionamento deste sistema está baseado no eletromagnetismo. Atendendo a evolução do sistema de indução, as organizações que atuam na mobilidade elétrica observam com muitas expectativas a instalação de postos de carregamento por indução. O que existe de postos para

carregamento por indução na sua maioria não passa de protótipos, mais neste momento ainda existem poucas unidades em funcionamento a volta do mundial [55].

É uma tecnologia que se fundamenta na criação de um recetor, que é instalado no veículo elétrico, pois embora não existem veículos a serem comercializados com este sistema. Também necessita de um emissor que é instalado na base do posto de carregamento ou no local onde o veículo fica bloqueado durante o tempo de carregamento. É uma solução automatizada mostrada na Figura 3.19, que exclui de uma vez por toda a existência de cabos durante o carregamento.



**Figura 3.19-** Sistema de transferência de energia por indução em VE [70]

Por meio das Figuras 3.20 e 3.21 é possível observar a evolução dos postos de carregamentos a nível de construtores e nos locais onde são instalados.



**Figura 3.20 -** Posto de carregamento público desenvolvido pela *Tesla* [64].



**Figura 3.21-** Uma unidade de carregamento instalando em um estacionamento [71].

# Capítulo 4

## 4. Composição e Estrutura da Unidade de Carregamento Desenvolvida

### 4.1. Introdução

Os modos de carregamento para os veículos elétricos com o passar dos tempos foram evoluindo, tendo em conta os tempos primórdios desde as primeiras estações para carregamento de VE's, até as que podemos encontrar atualmente. A presente dissertação tem por objetivo dar solução ao que foi proposto, um tema que se baseia na programação e controlo de um posto de carregamento de veículos elétricos. A solução usada para dar resposta aos objetivos estabelecidos, é um esquema funcional baseado no *hardware* que a *Siemens* propõe para postos de carregamento de VE's [72].

O esquema funcional que a *Siemens* propõe, permite efetuar o carregamento no modo 3, estando em conformidade com a IEC 61851-1, esta solução vem equipado com uma interface de comunicação *Ethernet*. Isto simplifica uma comunicação entre o sistema de controlo e com os outros dispositivos que um posto de carregamento necessita, tal como o painel para inserir dados ou visualizar o processo de carregamento. Esta proposta da *Siemens* apresenta a possibilidade de ajustar a corrente de carregamento, que pode variar entre os 6 e 80A. O dispositivo encarregado de controlar o carregamento está dimensionado para funcionar com uma tensão de alimentação de 24V em corrente contínua. Os controladores de carregamento fazem parte dos componentes principais para postos de carregamento de veículos elétricos, desenvolvidos pela *Siemens*, o seu objetivo central é controlar o circuito de potência do posto de carregamento, monitorar o cabo de carga e comunicar com o veículo [72]. A Figura 4.1 é uma ilustração do sistema de carregamento proposto, é compatível com o modo 3 de carregamento, e estando de acordo com a padronização IEC 61851-1. A ligação *Ethernet* incorporado possibilita ao controlador *SIPLUS*, comunicar com todo sistema de controlo, incluindo o PLC (CLP, em Português) S7 1200, e com os demais dispositivos do referido posto de carregamento de VE's [73].

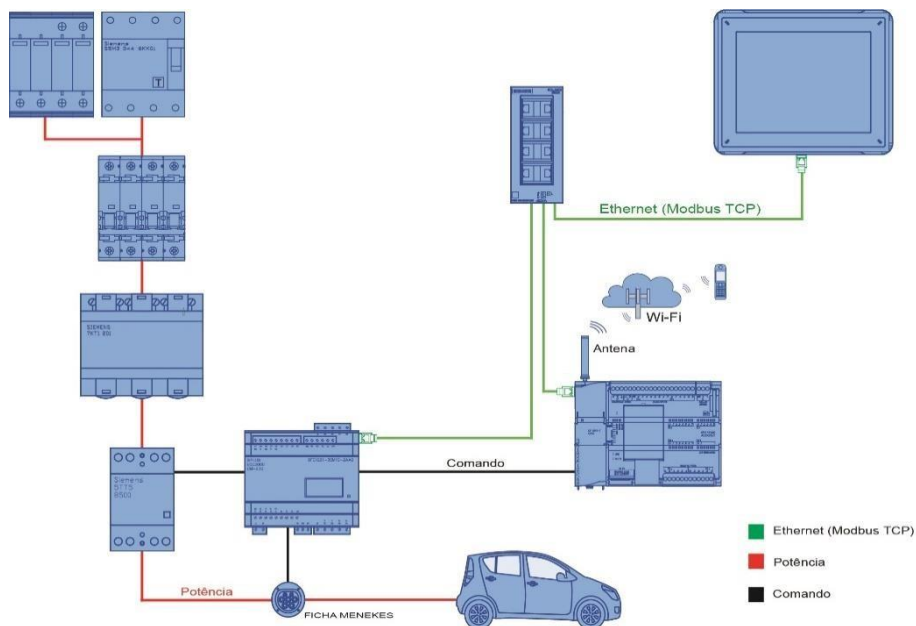


Figura 4.1- Solução projetada para o posto de carregamento [73].

## 4.2. Introdução ao PLC S7-1200

A Siemens através do PLC S7-1200 ilustrado na Figura 4.2, proporciona uma maior versatilidade e recursos fundamentais para controlar grande números de dispositivos para as mais variadas necessidades de automatização, tendo em conta seu formato compacto que o S7-1200 dispõe, configurações extensivas e amplo campo de instruções para seu funcionamento. Para a programação do PLC e outros componentes da mesma família, o *TIA Portal STEP 7* é o *software* proposto. É um *software* específico para os modelos S7-1200, está baseado no *Windows* e sua programação é parcialmente simples [74].



Figura 4.2- Representação do PLC utilizado (S7-1200).

A CPU da família S7-1200 engloba um microprocessador, *PROFINET* para comunicação, uma fonte de alimentação de 24V, circuitos de entrada e saída, E/S de controlo de movimento de alta

velocidade e entradas analógicas, são características de uma estrutura consistente. Foi usada nesta dissertação a CPU 1214C AC/DC/RLY com a versão *firmware* 2.2 (6ES7 214-1BG31-0XB0).

Por meio da ligação *Ethernet* faz-se o carregamento do programa na CPU, esta programação é realizada através *TIA Portal*. O *TIA Portal* dispõe de toda lógica essencial para supervisionar e controlar os componentes do sistema. A CPU faz leitura das variáveis de entradas e muda o estado das saídas mediante a programação realizada pelo utilizador, podendo envolver lógica booleana, instruções de contagem e temporização, funções matemáticas complexas, assim como comunicação com outros elementos inteligentes [74]. A Tabela 4.1 apresenta as características da CPU correspondente a família S7-1200.

Tabela 4.1- Características da CPU 1214C [74].

| Característica  |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| Dimensões físicas (mm)  | 110 x 100 x 75                              |                       |
| Memória   | Trabalho                                    | 100KB                 |
|   | Carga                                       | 4MB                   |
|   | Retentiva                                   | 10KB                  |
| E/S incorporadas  | Digital                                     | 14 Entradas/10 Saídas |
|   | Analógica                                   | 2 Entradas            |
| Tamanho de processamento de imagem  | Entradas                                    | 1024 <i>bytes</i>     |
|   | Saídas                                      | 1024 <i>bytes</i>     |
| Bits de memória (M)   | 8192 <i>bytes</i>                           |                       |
| Módulos de sinal possíveis (SM)   | 8   |                       |
| Placa de sinal incorporada (SB),<br>Placa de bateria (BB) ou Placa de<br>Comunicação (CB) (possíveis) | 1   |                       |
| Módulos de Comunicação<br>possíveis (CM)  | 3   |                       |
| Contadores rápidos  | Total                                       | 6                     |
|   | 100/80KHz                                   | De Ia.0 a Ia.5        |
|   | 30/20KHz                                    | De Ia.6 a Ib.5        |
| Saída de pulso  | Total                                       | 4                     |
|   | 100KHz                                      | De Qa.0 a Qa.3        |
|   | 20KHz                                       | De Qa.4 a Qb.         |
| Cartão de memória   | Cartão de memória <i>SIMATIC</i> (opcional) |                       |
| Retenção do relógio interno em tempo real   | 20 dias-12 dias no mínimo a 40 °C           |                       |
| <i>PROFINET</i>   | 1 porta de comunicação Ethernet             |                       |
| Velocidade de execução de instruções aritméticas  | 2,3 $\mu$ s/instrução                       |                       |
| Velocidade de execução de instruções booleanas  | 0,08 $\mu$ s/instrução                      |                       |

A *Siemens* através da família S7-1200 disponibiliza nas CPU's funcionalidades de segurança, que protegem a CPU e o programa de controlo por meio de:

- Proteção com palavra-chave;
- Proteção de “*Know-How*”;
- Proteção anti cópia.



Na Tabela 4.2, faz-se a descrição das variáveis de entrada e saída utilizados no PLC.

**Tabela 4.2-** Descrição das variáveis do PLC [74].

| PLC               |   |
|-------------------|---|
| Entradas e Saídas | Especificação de e endereçamento                          |
| Entradas usadas   |   |
| %I0.0             | Ativar EN ( <i>SIPLUS</i> )                               |
| %I0.4             | Recebe sinal do <i>SIPLUS</i> (Sinal de erro)             |
| %I0.5             | Recebe sinal do <i>SIPLUS</i> ( <i>SIPLUS</i> ligado)     |
| %I0.6             | Recebe sinal do <i>SIPLUS</i> ( <i>SIPLUS</i> detetou VE) |
| %I0.7             | Recebe sinal do <i>SIPLUS</i> (VE está em carga)          |
| %I1.0             | Recebe sinal do <i>SIPLUS</i> (Encravamento do conector)  |
| %I1.1             | Envia sinal de encravamento                               |
| Saídas usadas     |   |
| Q0.0              | Envia sinal ao <i>SIPLUS</i> para ativar EN               |
| Q0.1              | Encravamento do conector                                  |
| Q0.2              | Desencravamento do conector                               |
| Q0.3              | Envia sinal ao <i>SIPLUS</i> para ativar (HL)             |
| %Q0.5             | Sinaliza ativação da proximidade (PX)                     |
| %Q0.6             | Sinaliza ativação condutor piloto (CP)                    |
| %Qo.7             | Sinaliza veículos em carga                                |

### 4.3. Introdução ao Controlador de Carregamento *SIPLUS* CM-230

A *Siemens* através da divisão *Industry Automation*, expandiu sua vasta série em fornecedores de sistemas com uma proposta de postos para carregamento de veículos elétricos. Refere-se ao novo controlador de carregamento CM-230, da série de produtos *SIPLUS ECC (Electrical Charging Components)*. É o dispositivo de controlo central para o desenvolvimento dos postos de carregamento padrões para veículos elétricos. Este componente tem a função de controlar uma estação de carregamento de acordo com IEC 61851 [72].

Algumas características da ligação *Ethernet* podem influenciar na resposta do sistema de controlo. O *SIPLUS* é proposto para ser usado em estações de carregamento para veículos elétricos, o controlador está disponível em diferentes versões:

- CM-230 *Standard*;
- CM-230-C *Compact*;
- CM-230 *Managed*.

Nesta dissertação foi usada o modelo *CM-230 Standard*. É uma versão que dispõe de saídas digitais, contatos de relé, terminais para tensão de funcionamento em 24V, interface de comunicação com o veículo, entradas digitais, uma porta *Ethernet* e possui LED's para sinalização do estado do controlador. O controlador apresenta a possibilidade de ajustar a intensidade da corrente do posto de carregamento, que pode variar entre os 6 e os 80A [73]. Nas Figuras 4.4 e 4.5 mostra-se o controlador *CM-230* e os terminais disponíveis.

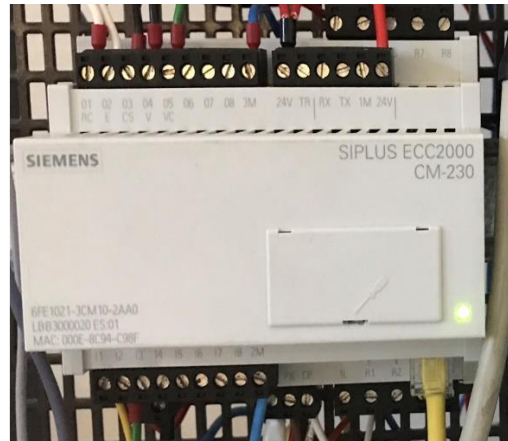


Figura 4.3- Representação do controlador *SIPLUS*.

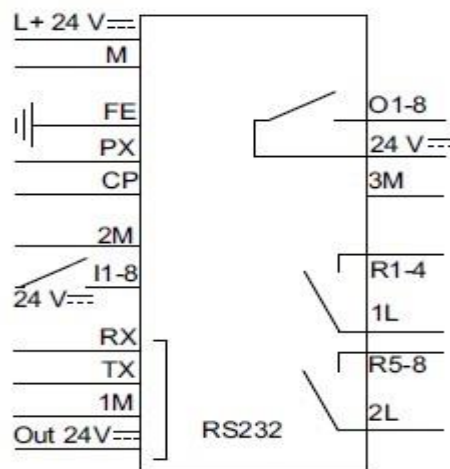


Figura 4.4- Esquema de entradas e saídas do *SIPLUS* [73].

A fonte de alimentação do controlador de carregamento ou simplesmente *SIPLUS* é feita por meio do controlador lógico programável, necessitando de 24V em DC para a ligação do *SIPLUS*. A Tabela 4.3 apresenta a descrição dos terminais do *SIPLUS*.

**Tabela 4.3-** Descrição dos terminais do *SIPLUS* [73].

| Terminal                     |         | Descrição   |
|------------------------------|---------|---|
| <b>L+</b>                    |         | Alimentação 24V   |
| <b>M</b>                     |         | <i>Ground</i>   |
| <b>FE</b>                    |         | Terra   |
| <b>PX</b>                    |         | Piloto de proximidade   |
| <b>CP</b>                    |         | Piloto de controlo  |
| <b>Entradas Digitais</b>     | I1 (EN) | Ativação do controlador   |
|                              | I2 (HL) | <i>Status</i> encravamento do conector de carregamento do veículo |
|                              | I3 (LS) | <i>Status</i> disjuntores   |
|                              | I4 (FI) | <i>Status</i> diferencial   |
|                              | I5 (EO) | Emergência  |
|                              | I6      | Sem uso   |
|                              | I7      | Sem uso   |
|                              | I8      | Sem uso   |
|                              | 2M      | <i>Ground</i> para as entradas digitais                           |
|                              |         |   |
| <b>Saídas Digitais</b>       | O1 (RC) | Ativa quando o CM-230 se encontra ligado                          |
|                              | O2 (E)  | Ativa quando apresenta um erro                                    |
|                              | O3 (CS) | Ativa quando deteta a inserção do conector de carregamento        |
|                              | O4 (V)  | Ativa quando deteta a presença de um veículo                      |
|                              | O5 (VC) | Ativa quando o veículo se encontra em carga                       |
|                              | O6      | Sem uso   |
|                              | O7      | Sem uso   |
|                              | O8      | Sem uso   |
|                              | 3m      | <i>Ground</i> para as saídas digitais                             |
| <b>Saídas a relé Grupo 1</b> | 1L      | Alimentação 24V   |
|                              | R1 (P)  | Ativa o contator de potência                                      |
|                              | R2 (V)  | Ativa o sistema de ventilação do posto de carregamento            |
|                              | R3 (H)  | Ativa o encravamento do conector de carregamento                  |
|                              | R4 (S)  | Ativa quando apresenta um erro de carregamento                    |
| <b>Saídas a relé Grupo 2</b> | 2L      | Alimentação 24V   |
|                              | R5      | Ativa o sistema de aquecimento do posto de carregamento           |
|                              | R6      | Sem uso   |
|                              | R7      | Sem uso   |
|                              | R8      | Sem uso   |

O *SIPLUS* é o responsável pelo controlo do posto de carregamento de forma independente, segundo os padrões da IEC 61851 [73]. A conexão *Ethernet* que está incorporado no *SIPLUS*

permite realizar um diagnóstico as configurações internas e concede conexão a outros controladores que fazem parte da sua rede. As entradas/saídas sem uso podem ser operadas por um controlador de nível superior no caso da interação com o PLC. As condições que podem fazer modificar os valores dos estados das entradas digitais, está dependente das configurações dos seguintes aspetos [73]:

- Aquecimento do controlador;
- Monitorização da temperatura;
- Monitorização da humidade;
- Monitorização do disjuntor;
- Monitorização do RCCB;
- Desbloqueio da emergência;
- Parâmetros do sistema elétrico.

A Norma IEC 61851, foi padronizada para que se tenha uniformidade nos parâmetros gerais de segurança na implementação dos postos de carregamentos [73]. A Tabela 4.4 retrata os diferentes estados para o carregamento de VE's existentes na Norma IEC 61851.

**Tabela 4.4-** Estados de carregamento da Norma IEC 61851 [73].

| Estado   | Descrição  |
|----------|--|
| <b>A</b> | O veículo não está conectado   |
| <b>B</b> | O veículo está conectado, mais não está preparado para carregar;   |
| <b>C</b> | O veículo está conectado, já está preparado para carregar;<br>Não é necessária ventilação na área de carregamento; |
| <b>D</b> | O veículo está conectado, já está preparado para carregar;<br>É necessária ventilação na área de carregamento;     |
| <b>E</b> | Curto-circuito, fonte de energia desligada do veículo elétrico<br>A eletricidade não está disponível;              |
| <b>F</b> | A fonte de alimentação não está disponível, outro problema de fonte de alimentação.                                |

O carregamento de um veículo elétrico em nenhum momento é igual a outro, ou seja, existem várias condições que podem fazer alterar o processo de carregamento, dos quais as condições da bateria que varia de um veículo elétrico para outro, o carregamento desnecessário do veículo, ou seja, carrega-se o VE de acordo com a disponibilidade e necessidade do utilizador sem que a bateria alcance a carga máxima e entre outras situações. Entretanto, de forma a elucidar o comportamento do *SIPLUS* faz-se uma descrição de todo processo do carregamento em algumas fases:

Na primeira fase é o processo de inicialização, monitoramento da temperatura e humidade da estação: Depois de realizada a ativação do controlador, o *SIPLUS* se encarrega de iniciar ensaios

funcionais. O *SIPLUS* faz a verificação da temperatura e humidade, de acordo as configurações internas, verifica se os parâmetros estão dentro dos valores programados. Caso não esteja ativo é feita ativação por meio do terminal R2 (V). E por meio do terminal R5 pode ser ativo o sistema de aquecimento para que tenha temperatura ambiente. Durante o período que o *SIPLUS* não estiver ligado, ou se encontrar em estado de erro, ou mesmo se for detetado sinal de erro, o *SIPLUS* interrompe todo processo seguinte.

A segunda fase consiste na ativação do *SIPLUS*: Nesta fase o *SIPLUS* é ligado por meio de um sinal de nível alto a sua entrada I1 (EN). A ativação do *SIPLUS* pode ser feita também através do controlador lógico programável (PLC), apropriadamente configurado.

Na terceira fase aguarda-se pela inserção do conector de carregamento: O *SIPLUS* aguarda a inserção do conector de carregamento, que pode ser feita por leitura de um valor de resistência no terminal PX.

Na quarta fase faz-se o encravamento: O *SIPLUS* faz leitura do conector inserido, neste caso o encravamento é feito apenas se o conector de carregamento conectado for compatível com o modo de carregamento do posto, nesta situação o veículo encontra-se no estado B, e por sua vez a saída R3 (H) é ativa. O terminal I2 (HL) do *SIPLUS* é que faz a deteção do encravamento. Se por acaso não for enviado nenhum sinal para bloqueio do encravamento, o terminal I2 (HL) pode ser ativo diretamente por 24V. Por meio do encravamento é controlado o processo de carregamento, na falha do encravamento ou se o *SIPLUS* sentir ausência do conector é cancelado o carregamento.

A última fase está relacionada com a ativação do contator de potência: Quando o *SIPLUS* faz leitura do bloqueio do conector de carregamento, a saída R1 (P) do *SIPLUS* é ativo e autoriza a realização do carregamento, este processo indica o estado C. Se o *SIPLUS* sentir a ativação do estado D, a saída do ventilador R2 (V) do posto de carregamento deve passar a nível alto, é a partir deste processo que carregamento é iniciado, onde a corrente máxima disponível para ser fornecida pelo *SIPLUS* ao veículo elétrico vai de 6 à 80A.

Se durante o carregamento, ocorrer algum erro o controlador irá desligar as seguintes saídas: R1 (P), o encravamento do conector I2 (HL) e o ventilador R2 (V), mantendo o *SIPLUS* ativo. O terminal que controla os *status* dos disjuntores é ativo por meio da entrada I3 (LS), e se porventura algum sinal de 24V é enviado a referida entrada I3 (LS), isso quer dizer que existe um erro na proteção do sistema da rede, que condiciona o processo de carregamento do VE. Existe um outro terminal de *status* do *SIPLUS* que é ativo através da entrada I4 (FI). Qualquer sinal alto nesta entrada de 24V, faz a interrupção do processo de carregamento. Por meio do terminal I5 (EO) é possível a implementação de emergência, para a proteção do funcionamento do posto de carregamento. E se algum sinal de tensão 24V for enviado nesta entrada, encerra o processo de carregamento e desbloqueia o conector do carregamento.

Na Tabela 4.5 pode ser observado as ligações entre os terminais do *SIPLUS* e o PLC.

**Tabela 4.5-** Ligações entre os terminais do *SIPLUS* e PLC 1214C.

| Terminal do SIPLUS | Endereço e denominação da Tag |
|--------------------|-------------------------------|
| <b>I1 (EN)</b>     | %Q0.0 - EN                    |
| <b>I2 (HL)</b>     | %Q0.3 - Sinaliza_Encravamento |
| <b>O1 (RC)</b>     | %I0.5 - <i>SIPLUS</i> ligado  |
| <b>O2 (E)</b>      | %I0.4 - Detetou _ erro        |
| <b>O3 (CS)</b>     | %I1.7 - Conector _ inserido   |
| <b>O4 (V)</b>      | %I0.6 -Condutor Piloto        |
| <b>O5 (VC)</b>     | %I0.7 -Em_Carregamento        |

Na Figura 4.5 é apresentado o fluxograma de funcionamento do *SIPLUS*, para melhor entendimento do posto de carregamento que se pretende implementar. Entretanto, a Figura 4.6 ilustra as ligações entre *SIPLUS*, PLC, o conector e a placa de aquisição de dados.

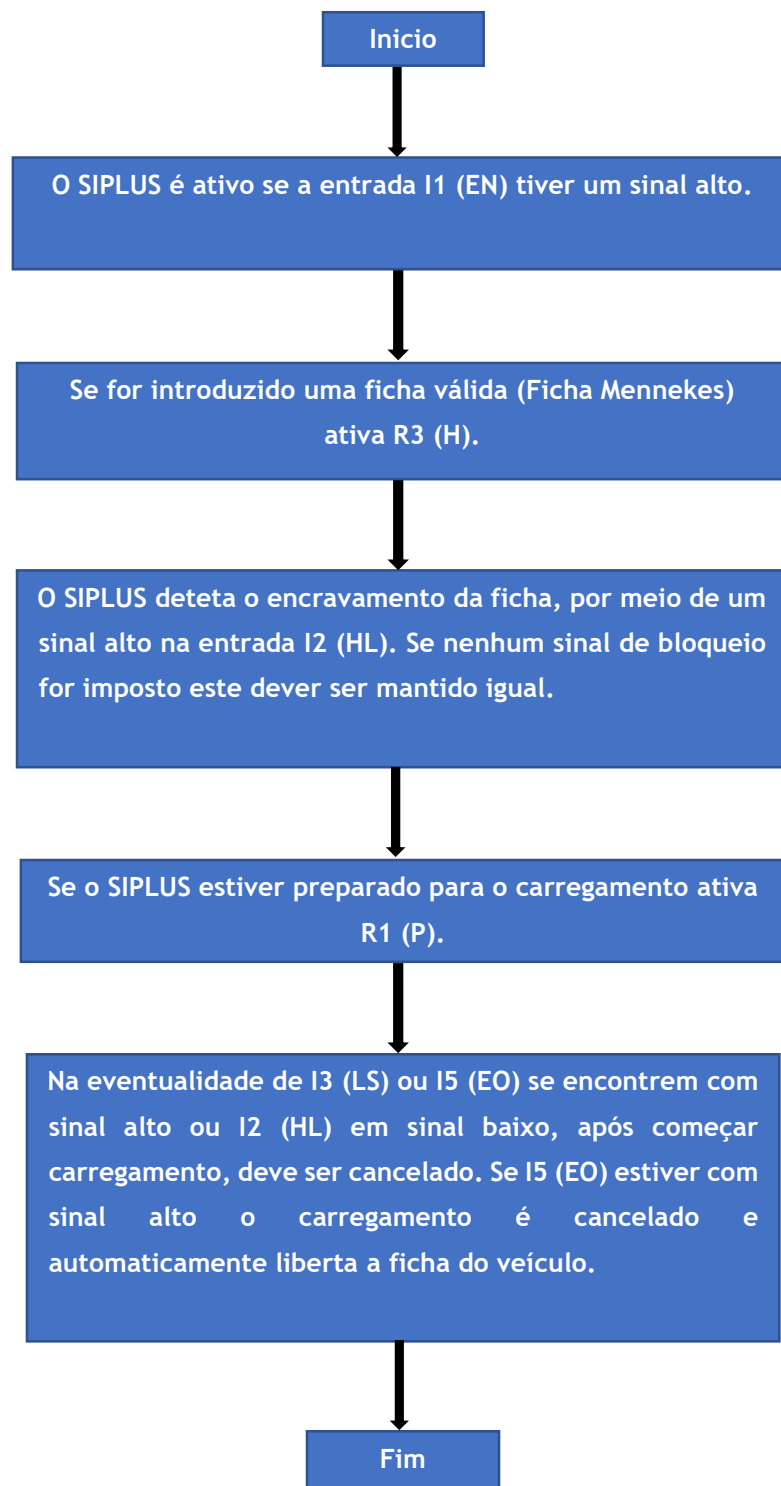


Figura 4.5- Fluxograma do funcionamento do controlador *SIPLUS* [62].

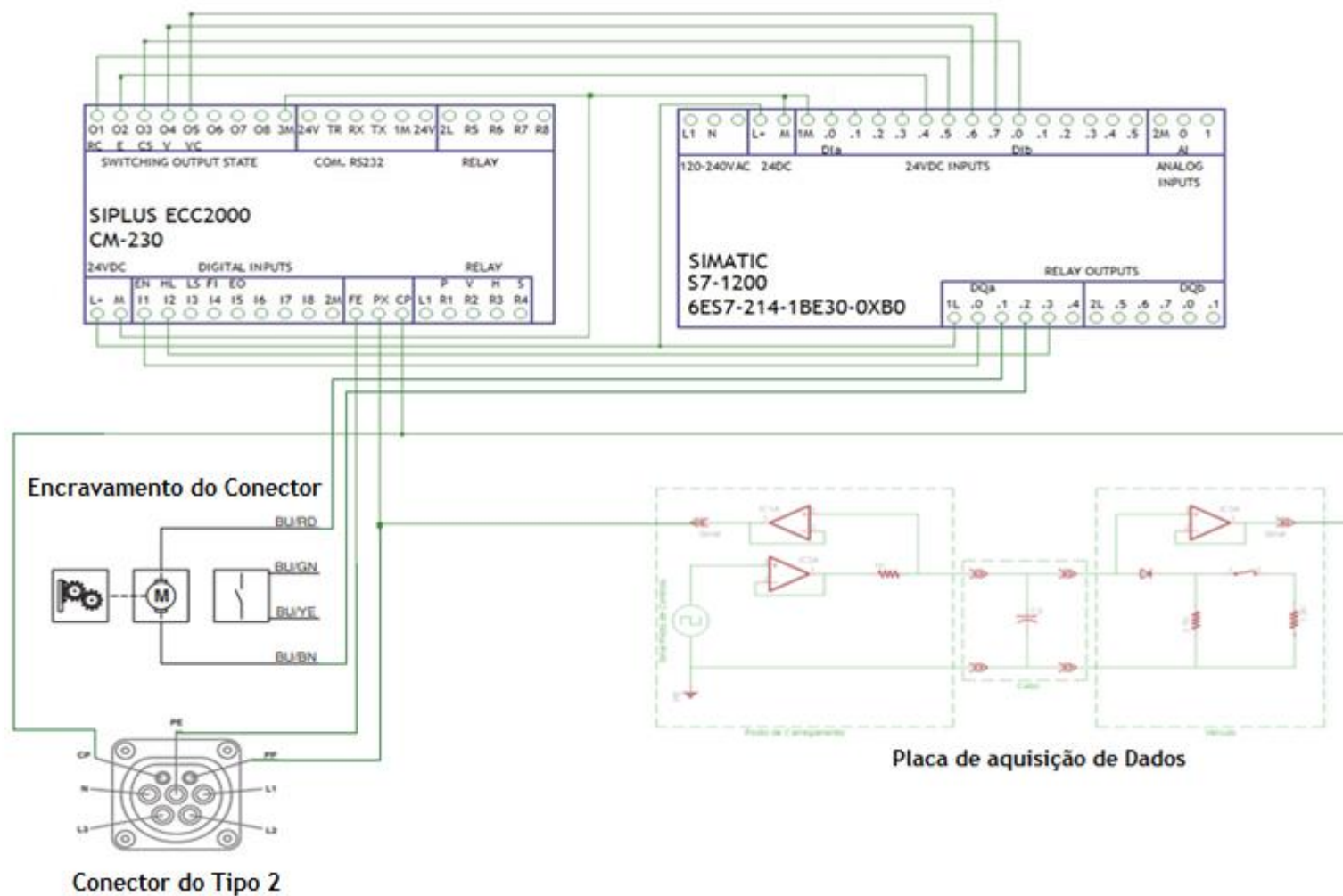


Figura 4.6 - Ligações entre o SIPLUS, PLC, Conector e o Simulador.



# Capítulo 5

## 5. Implementação do Posto de Carregamento

### 5.1. Introdução

A tecnologia referente aos veículos elétricos ganhou mais interesse nas últimas duas décadas, tendo em conta a grande preocupação sobre as situações climáticas, pois pretende-se diminuir cada vez mais o impacto causado pelos veículos convencionais. Nota-se que o número de veículos elétricos tem expandido pelo mundo, aumentando por sua vez o uso dos postos de carregamento [75]. A indústria automóvel teve seu desenvolvimento, este desenvolvimento foi notado em torno de todos os meios que o influenciam para implementação efetiva, no caso dos postos de carregamento e os métodos de controlo de carregamento. Entretanto, o processo de expansão generalizada dos veículos elétricos ainda não aconteceu, tem sido gradual.

A realização e montagem de uma unidade de carregamento deve obedecer algumas normas, no que diz respeito aos requisitos necessários em qualquer procedimento de carregamento de VE's. Fez-se a montagem do simulador de um posto de carregamento, que contou com os seguintes equipamentos como mostrado na Figura 5.1.

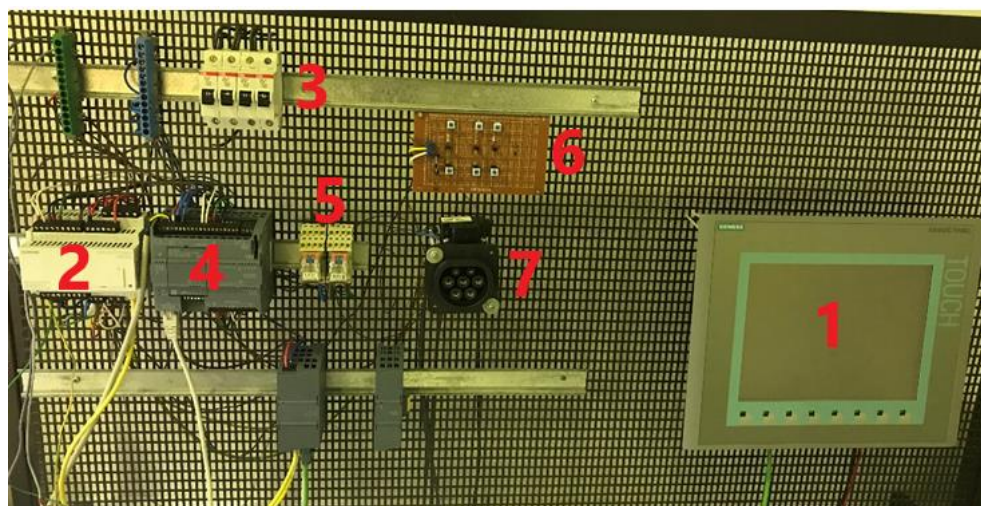


Figura 5.1 - Estrutura do posto de carregamento.

Onde:

- 1-Consola HMI;
- 2-Controlador *SIPLUS* CM-230;
- 3-Disjuntores;
- 4-PLC, S7-1200;
- 5-Relés;

- 6-Simulador, montagem feita no laboratório, (para o protocolo de comunicação);
- 7-Conector para o carregamento.

Os componentes do posto de carregamento foram montados com base na estrutura proposta pela *Siemens*. Como pode ser observado, inicialmente o posto encontra-se desativado, aguardando o início do carregamento. E por meio da Figura 5.2 é ilustrado a ligação dos reles utilizados para o encravamento e desencravamento do conector.



Figura 5.2 - Reles utilizados no encravamento e desencravamento do conector.

Na prática, a montagem de um posto de carregamento pode ser realizada com base numa tomada normal para carregamento simples ou com base num conector do tipo 2 para o modo 3 de carregamento que permite uma corrente de 32 A.

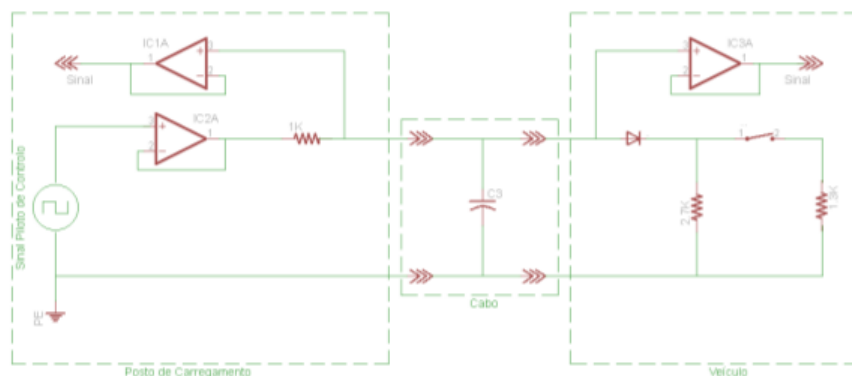
## 5.2. Protocolo de Comunicação

Existem protocolos de comunicações nos modos 2 ,3 e 4 nos carregamentos de VE's e são usados geralmente dois condutores, denominados por:

- Piloto de Controlo;
- Piloto de Proximidade.

O piloto de controlo é o meio pelo qual o veículo elétrico comunica com o posto de carregamento, como mostrado na Figura 5.3. Esta comunicação ocorre nos carregamentos em Modo 2, 3 e 4 que é realizada por modulação da largura de pulso de um sinal (PWM). O Piloto de Controlo, possui as seguintes funções:

- regulação do pedido de potência do VE;
- verificação da correta ligação do conector;
- verificação da continuidade da terra de proteção;
- corte e alimentação da tensão no conector;
- determinação das necessidades de ventilação na área de carga;
- comunicação do valor da intensidade de corrente;
- retenção / desacoplamento.

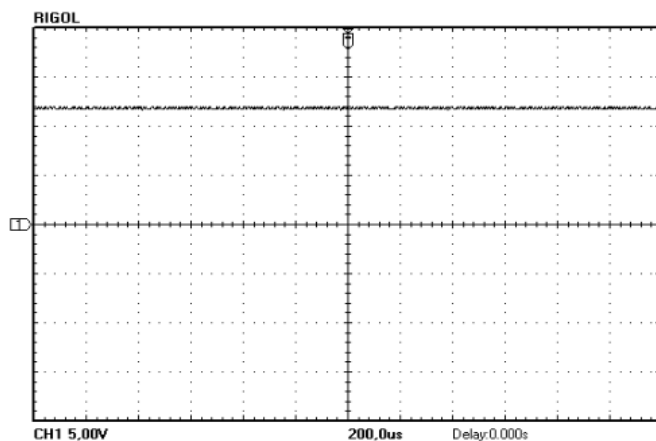


**Figura 5.3-** Esquema equivalente do circuito de aquisição de sinal do condutor piloto de controlo [76].

O piloto de proximidade permite a deteção do VE e determina a corrente máxima admissível no cabo quando inserido o conector. Esta última função é realizada medindo a resistência entre o condutor de proximidade e o condutor neutro.

A comunicação propriamente dita subdivide-se em vários estados, é efetuado através do condutor Piloto de Controlo, por meio de um sinal PWM modulado de acordo ao estado relacionado. Se não for feita nenhuma ligação, o nível do sinal PWM deve permanecer constante em 12V, indicando que o sistema de carregamento está livre e disponível para entrar em funcionamento, como se ilustra na Figura 5.4.

No estado A, faz-se a verificação da ligação entre o posto de carregamento com veículo elétrico, e também se determina a corrente máxima admissível durante o carregamento.



**Figura 5.4-** Sinal de carregamento no estado inicial [76].

Se a resistência possuir o valor de 1500Ω, a intensidade de corrente máxima admissível no cabo é de 13A, como observado na Figura 5.5.

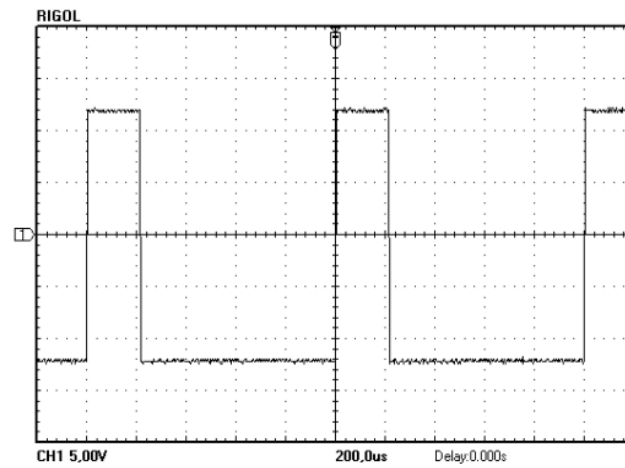


Figura 5.5 - Sinal de carregamento estado A para 13 A [76].

Se a resistência for de  $680\Omega$  a intensidade de corrente máxima admissível no cabo é de 20A, como é mostrado na Figura 5.6.

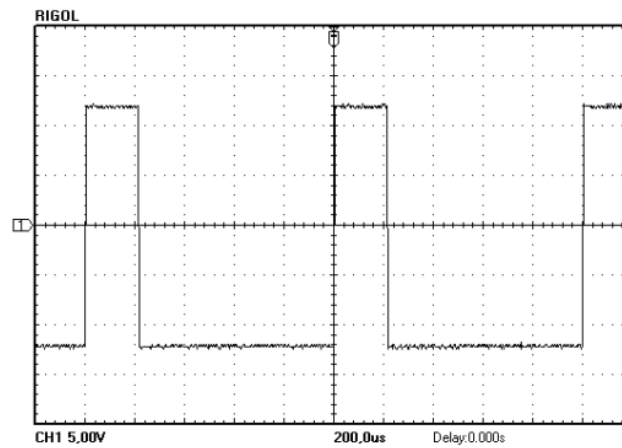


Figura 5.6 - Sinal de carregamento estado A para 20A [76].

E se a resistência for de  $220\Omega$  a intensidade de corrente máxima admissível no cabo é de 32A, ilustrado na Figura 5.7. É a corrente que o *SIPPLUS* permitirá realizar o carregamento [76].

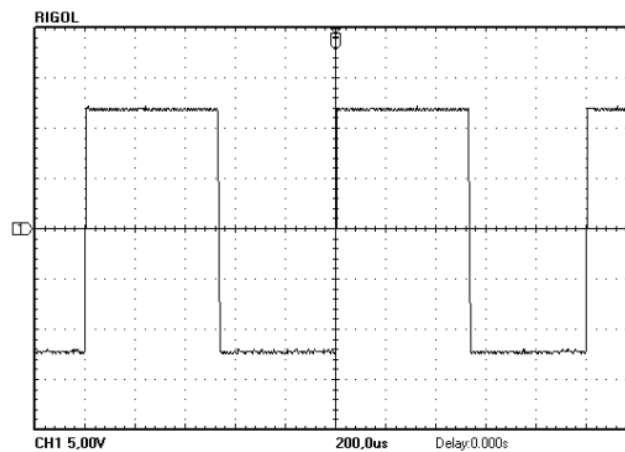


Figura 5.7 - Sinal de carregamento estado A para 32A [76].

No estado B é detetada a inserção do cabo, e se o VE conectado for compatível com o Modo 3, este fica em espera, aguardando apenas para que comece a efetuar o carregamento do VE. Neste estado, a resistência de  $2,7K\Omega$  é inserida no circuito, para autorizar o carregamento, como se pode ver na Figura 5.8.

O VE autoriza o carregamento da sua bateria através do fecho do interruptor, fazendo com que seja introduzida em paralelo a resistência de  $1,3K\Omega$  com a resistência de  $2,7K\Omega$ , que irá resultar em uma resistência equivalente de  $880\Omega$ . Portanto, o posto de carregamento fará a interpretação como uma autorização para o carregamento da bateria, passando para o Estado C que por sua vez determinará o fecho do contactor de potência.

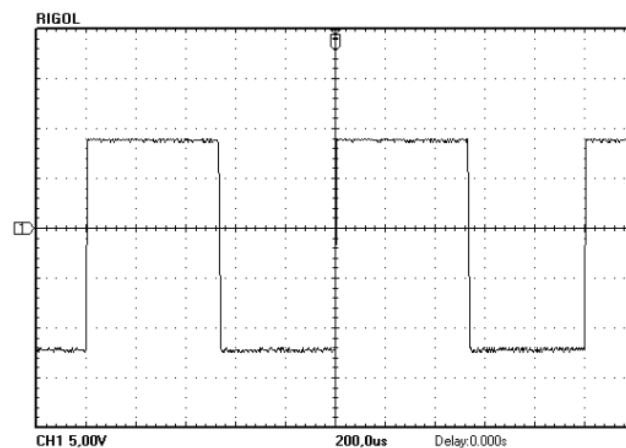


Figura 5.8 - Sinal de carregamento estado B [76].

No estado C as baterias do veículo elétrico são carregadas com intensidades de corrente até 64A. O carregamento terá início, logo que o posto receber o sinal de leitura do valor de resistência, que deve ser  $880\Omega$  mostrado na Figura 5.9.

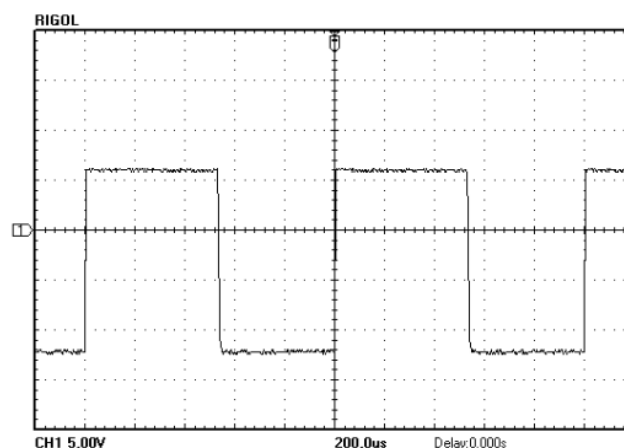


Figura 5.9 - Sinal de carregamento estado C [76].

O estado D tem as mesmas condições de funcionamento com estado C, entretanto, obriga à existência de ventilação durante o carregamento. Desta forma, aumenta-se a segurança do

processo de carregamento caso haja fuga de gases nocivos provenientes das baterias. Logo que começar o carregamento, se for introduzida uma outra resistência de  $240\Omega$  em paralelos com as outras do referido circuito, o posto fará interpretação como a existência de um carregamento com bateria que liberta gases nocivos. Esta situação é ilustrado na Figura 5.10, e levará a ativação do sistema de ventilação do posto [76]. A Tabela 5.1, apresenta de forma resumida os parâmetros de carregamento.

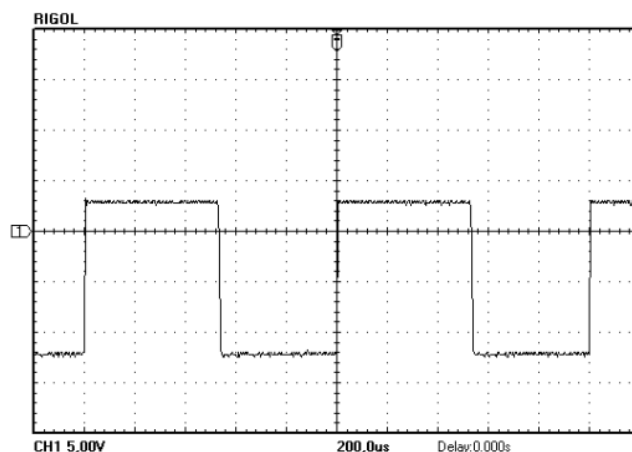


Figura 5.10 - Sinal de carregamento estado D [76].

Tabela 5.1- Parâmetros de carregamento [76].

| Parâmetros                         | Símbolo | Valor nominal  | Valor máximo     | Valor mínimo   |
|------------------------------------|---------|----------------|------------------|----------------|
| Resistência equivalente (Estado B) | RB      | $2740\Omega$   | $2822\Omega$     | $2658\Omega$   |
| Resistência equivalente (Estado C) | RC      | $882\Omega$    | $908\Omega$      | $856\Omega$    |
| Resistência equivalente (Estado D) | RD      | $246\Omega$    | $253\Omega$      | $239\Omega$    |
| Capacidade equivalente             | C       | n.a.           | $2400\text{ pF}$ | n.a.           |
| Tensão no díodo                    | Vd      | $0,70\text{V}$ | $0,85\text{V}$   | $0,55\text{V}$ |

Depois de finalizado o carregamento, o fornecimento de energia é terminado e o interruptor do conector é destrancado. O conector pode então ser retirado do veículo, e o posto de carregamento volta ao estado inicial. O carregamento termina assim que as baterias estejam completamente carregadas, ou no caso de existir algum sinal externo que faça parar o carregamento, por exemplo através de um botão no interior do veículo ou no posto de carregamento.

### 5.3. Conector para o carregamento

Usou-se um conector para unidades de carregamentos do tipo 2, como é observado na Figura 5.11. Este conector permite o carregamento em corrente alternada, que está em conformidade com as Normas IEC 61815-1 e IEC 62196-2 para unidades de carregamentos de VE's [65].



Figura 5.11- Ilustração do conector usado.

Neste modelo de conector está incorporado o sistema de encravamento, que por sua vez para funcionar requer que se alimente as referidas bobinas de contactos, como é mostrado na Figura 5.12.

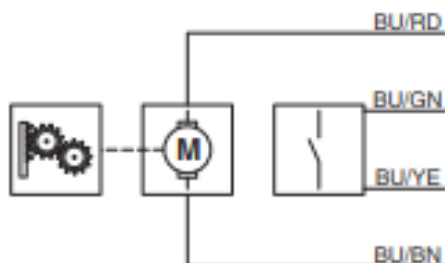


Figura 5.12- Diagrama para ativação do encravamento [77].

Para se ligar as bobinas é necessário de uma fonte de alimentação de 24V para ativar e desativar o encravamento. A ativação do encravamento é feita através da ligação direta das bobinas. E por meio da troca de polarização é efetuado o desencravamento do conector. Durante o encravamento e desencravamento do conector é necessário que se faça leitura de valores de resistência em dois outros terminais disponíveis no conector, para garantir bom funcionamento do conector. No encravamento  $R_l = 0\Omega$ , e durante o desencravado  $R_u = \infty\Omega$ , como se mostra na Figura 5.13.

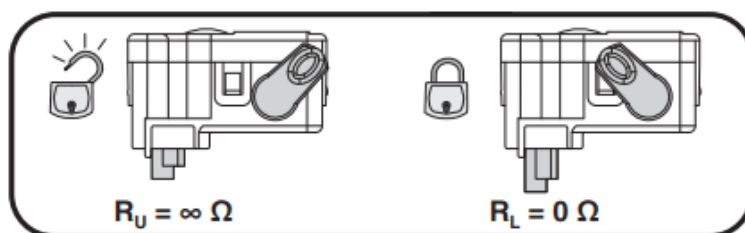


Figura 5.13- Diagrama de leitura de valores de resistência no encravamento e desencravamento [77].

## 5.4. Princípio de Funcionamento do Posto de Carregamento

A implementação dos estados de funcionamento do posto de carregamento, baseado no PLC S7-1200 e programado através do *TIA-portal* da *Siemens*, o referido princípio de funcionamento está dividida em estados e sub-rotinas. Usou-se a linguagem de programação em *LADDER*, a linguagem *LADDER* está entre as cinco linguagens de programação de PLC's definidas pela IEC 61131-3. É uma linguagem de baixo nível utilizada para programar PLC's, capaz de realizar o controlo de sistemas industriais, substituindo os antigos circuitos controladores a relés que eram caros e de difícil manutenção além de menos seguros. Em seguida se fará a descrição dos estados de funcionamento. Na Figura 5.14 é possível observar a primeira fase de funcionamento do posto de carregamento.

O estado 1 é baseado na ativação do modulo. O *SIPLUS* é o dispositivo que se encarregará do processo de carregamento do posto, a ativação do modulo é feita através de uma saída do PLC que enviará um sinal ao terminal I1 (EN) do modulo. Nesta linha de programação também se optou em usar mecanismos de proteção para evitar erros durante o processo de carregamento. O principal objetivo é manter o dispositivo ativo durante o carregamento, e qualquer erro no funcionamento por meio do terminal E (02) do *SIPLUS* desativará o sistema. Durante a inicialização, o *SIPLUS* fica piscando o LED com a cor vermelha, indicando que o sistema se encontra disponível para realizar qualquer carregamento.



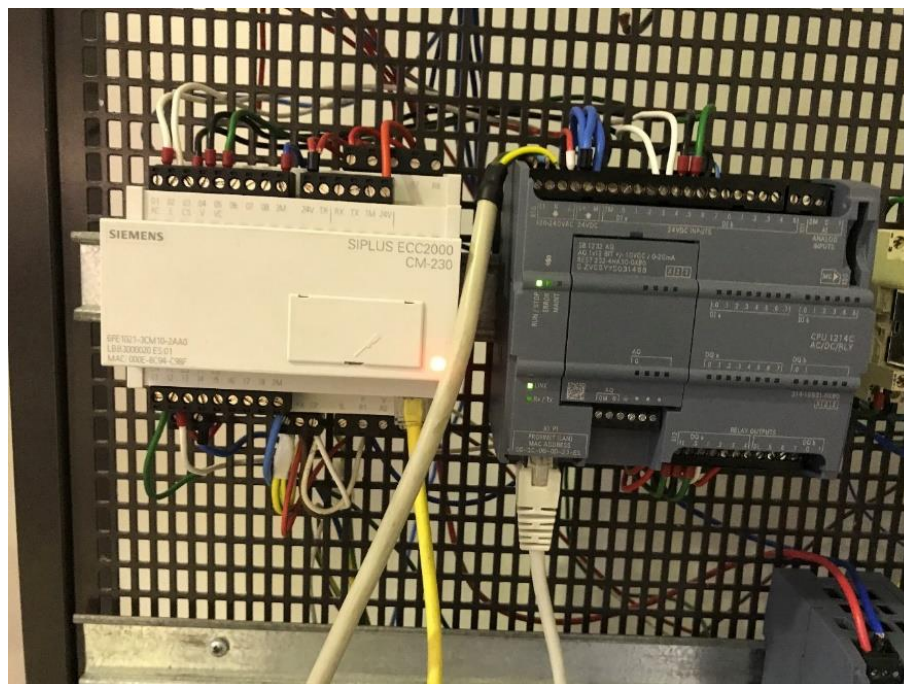


Figura 5.14 - Indicação do estado 1 da ativação do SIPLUS.

No estado 2 é feita ativação do piloto de proximidade, mostrado na Figura 5.15. A ativação é realizada através da placa do protocolo de comunicação (Simulador). Depois da ativação do *SIPLUS*, é acionado o piloto de proximidade por forma a enviar um sinal ao *SIPLUS*, na existência de um veículo para o carregamento, o sinal enviado pelo piloto de proximidade permitirá ao *SIPLUS* que faça leitura de valores de resistência que é entendido como a inserção de um cabo para o carregamento.

O *SIPLUS* deve informar se o cabo inserido faz parte do modo 3 de carregamento por meio de uma luz de sinalização, isto é, para uma corrente de 32A. Se houver correspondência entre o cabo inserido e o modo de carregamento muda-se de estado. O sinal do piloto de proximidade é enviado diretamente ao *SIPLUS*. Quando feita a ativação do *SIPLUS*, o LED verde começa a piscar. Como é ilustrado na Figura 5.16, indicando que posto encontra-se disponível para realizar o carregamento e aguardando outros processos para o início do carregamento.

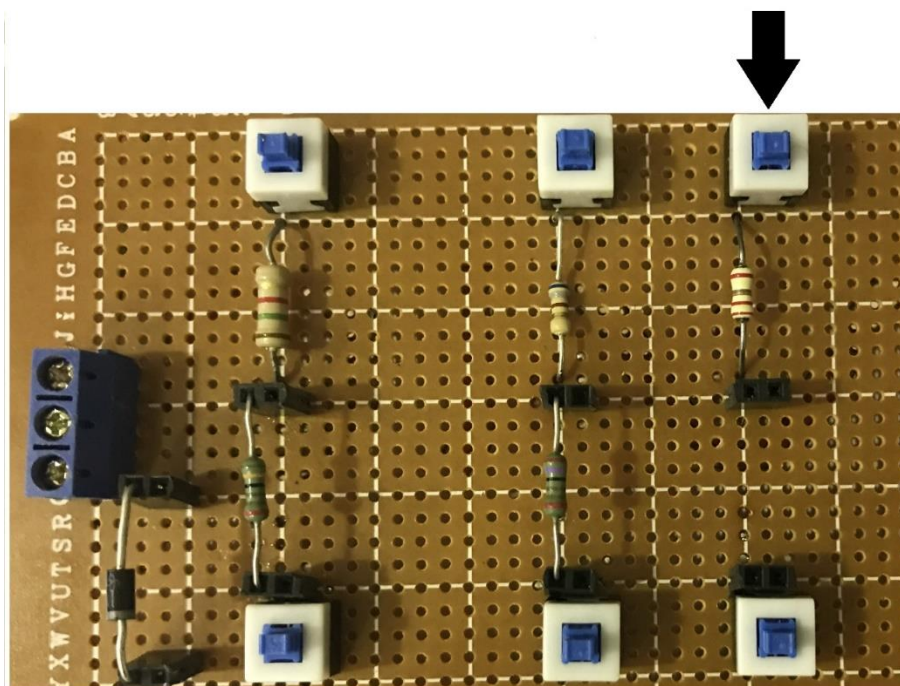


Figura 5.15- Estado 2 (Ativação do piloto de proximidade).

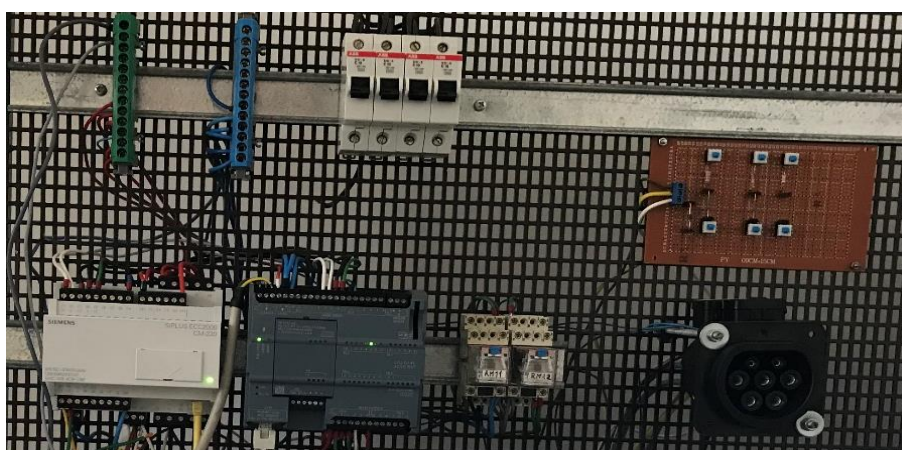


Figura 5.16 - Indicação do estado 2 de funcionamento do posto de carregamento.

O estado 3 está em dependência com o estado 2, neste estado o *SIPLUS* aguarda o sinal do PLC para o encravamento do conector. O PLC logo que permitir o encravamento do conector, envia um sinal por meio de uma de suas saídas ao terminal I2 (HL) do *SIPLUS*, que faz a leitura do encravamento. Assim que for feito o encravamento, o VE aguarda apenas pelo comando ou início do carregamento. Na linha de programação para a ativação do encravamento e desencravamento deve-se ter algum cuidado, para a proteção das bobinas do conector, não podem permanecer ligadas durante 60 segundos. O encravamento é observado por meio da entrada I1.7 do PLC que é ativa logo que o *SIPLUS* recebe o sinal. Se o *SIPLUS* não receber o sinal de encravamento não será possível avançar para o estado seguinte.

No estado 4 utiliza-se o simulador para a ativação do piloto de controlo, como é mostrado na Figura 5.17, que encarregar-se-á de preparar o VE para o carregamento. Neste estado o *SIPLUS*



recebe sinal diretamente a partir do protocolo de comunicação por meio da placa, e enviará um sinal ao PLC nas suas entradas, que por sua vez deve ativar uma saída para visualização do seu estado. Primeiramente quando é ativo o piloto de proximidade, o *SIPLUS* envia sinal ao PLC, que ativará mais duas luzes no PLC, como se pode ver na Figura 5.18, ou seja, uma que indica a inserção do conector e a outra que indicará que o posto está em condições para dar início ao carregamento.

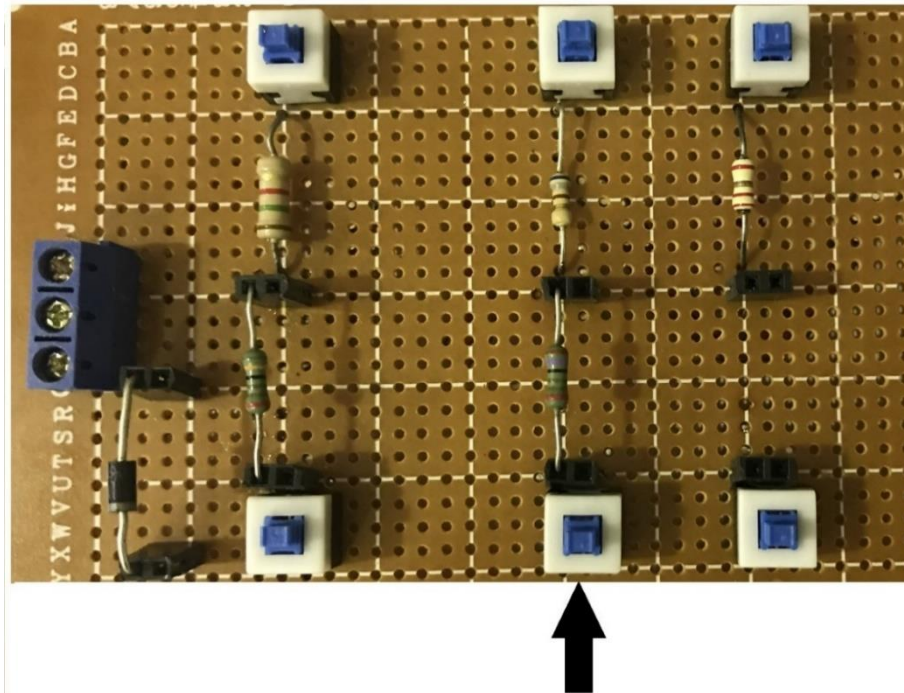


Figura 5.17- Estado 4 (Ativação do piloto de controlo).



Figura 5.18 - Indicação do estado 3 e 4.

No estado 5 ativa-se novamente o piloto de controlo para dar início ao carregamento do VE, ilustrado na Figura 5.19. O *SIPLUS* faz leitura do sinal recebido na placa como de estabelecer o início de carregamento, enviando sinal a uma entrada do PLC, que também deve ativar uma saída para se verificar o estado de carregamento. Neste estado o *SIPLUS* ativa seu contacto de

potência permitindo o carregamento, e de igual forma também irá controlar o mesmo carregamento.

Pode-se observar na Figura 5.20 a indicação do início do carregamento, o PLC indicará por meio da entrada I0.7 o início do carregamento, pois a luz de sinalização desta entrada é ativa em correspondência ao sinal recebido a partir do *SIPLUS*.

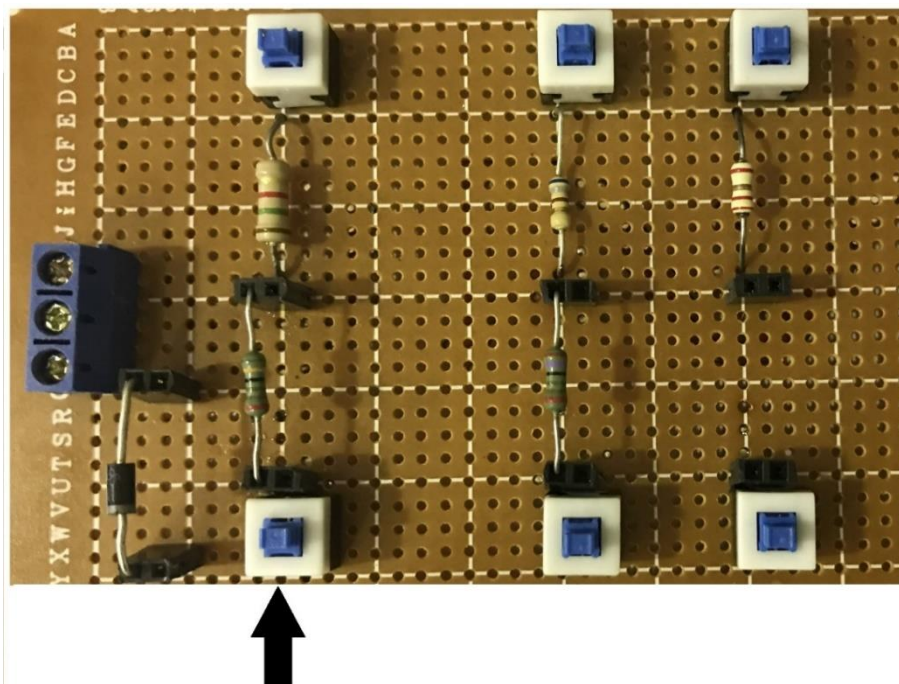


Figura 5.19- Estado 5 (Dar início ao Carregamento).

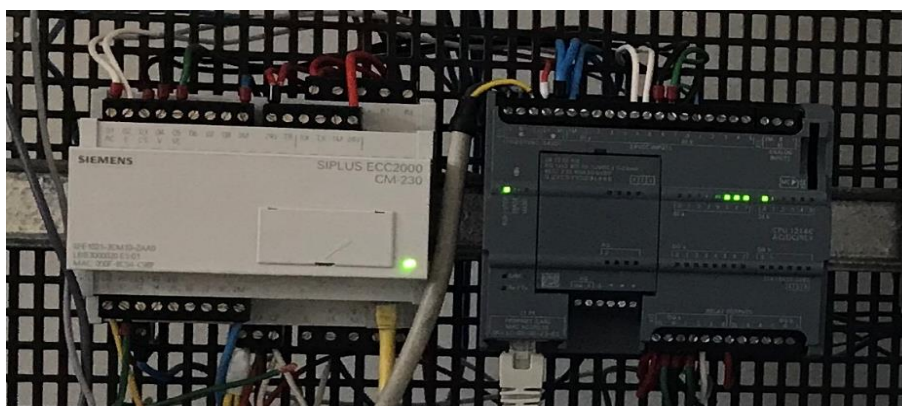


Figura 5.20 - Indicação do início do carregamento.

O estado 6 é fase de terminar o carregamento e emissão da fatura de carregamento. Terminado o carregamento por bateria carregada ou por ordem do utilizador, faz-se a emissão da fatura do posto que vai até “2 euros” quando o carregamento chega ao tempo máximo, como é ilustrado nas Figuras 5.32 e 5.34 (um valor que requer ainda análise, atendendo o consumo de energia por cada carregamento efetuado). Neste estado temos duas sub-rotinas para terminar o carregamento. A primeira permite que o carregamento chegue ao estado de carga máxima

da bateria, isto é, estar completamente carregada. A segunda permite terminar o carregamento por ordem do utilizador. Depois da emissão da fatura o posto libera o VE para retirar o conector, que é feito pelo desencravamento da bobina do conector por meio de um sinal do PLC.

Deste modo o VE pode retirar-se do posto para que outro VE seja carregado, voltando ao estado inicial. Na prática, a placa do simulador permite o protocolo de comunicação, ou seja, é o responsável pelo processo interno de aproximação do VE através do piloto de proximidade, preparação e carregamento do VE por meio do piloto de controlo. O *SIPLUS* durante o funcionamento, faz ativação de seus LED de sinalização que poderão mostrar o andamento de cada estado, como é observado na Tabela 5.2 sobre o estado dos LED's.

**Tabela 5.2-** Indicação dos LED para o funcionamento do *SIPLUS* [70].

| Sinal do LED                                       | Descrição do estado operacional  |
|--|--|
| <b>O dispositivo em OFF</b>                        | Não está ativo, dispositivo desligado  |
| <b>Piscando Laranja á 5 Hz</b>                     | Controlador de carregamento no estado "Pré-aquecimento pós carregamento"             |
| <b>Piscando Laranja á 1Hz (Estado 1)</b>           | Controlador de carregamento no estado "Aguardar ativação"                            |
| <b>Piscando Verde á 5Hz (Estado 2)</b>             | Aguardando a conexão do cabo de carregamento (Ativar piloto de proximidade)          |
| <b>Piscando Verde á 1Hz (Estado 4)</b>             | Aguardando a prontidão do veículo (Ativar piloto de condutor)                        |
| <b>Contínuo verde ON (Estado 5)</b>                | Carregamento do dispositivo  |
| <b>Piscar Vermelho á 5Hz</b>                       | Dispositivo em estado de "emergência"  |
| <b>Alternando Vermelho e Verde, piscando á 1Hz</b> | Comutação para o modo de teste para identificação do dispositivo via <i>Ethernet</i> |

O *SIPLUS* permite o uso da sua interface *Ethernet*, para visualização das suas configurações internas através do seu IP, permitindo ao utilizador de comunicar-se diretamente com o dispositivo. Através do acesso interno do *SIPLUS* é possível reconfigurar, verificar seu funcionamento e entre outras configurações que vem disponível, como se poder ver nas Figuras 5.21 e 5.22.

Home Contact

You are here: > Home > Configuration

System | Device status | Signal status | Network status | Configuration status | Configuration | Parameter | Statistics

### Configuration

**Warning, please refer to the assembly instructions in the manual!**

|                                     |                                     |                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Enable device via ethernet          | <input type="checkbox"/>            |                      |
| Enable heater                       | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Check temperature                   | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Check humidity                      | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Check earth leakage circuit breaker | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Check power switch                  | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Enable emergency release            | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Enable 50 pulse counting            | <input checked="" type="checkbox"/> | Pulses per kWh: 1000 |
| Enable display mode                 | <input checked="" type="checkbox"/> | Display: 4 lines     |
| Enable client display               | <input type="checkbox"/>            |                      |
| Enable expert mode                  | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Enable digital PLC-Communication    | <input checked="" type="checkbox"/> |                      |
| Operation mode                      | no automatic cable detection        | Port: R1             |

IP-adress: 192 | 168 | 0 | 6

Set Set and store Default Cancel

Figura 5.21- Menu explicativo das configurações de IP [73].

Home Contact

You are here: > Home > Parameter

System | Device status | Signal status | Network status | Configuration status | Configuration | Parameter | Statistics

### Parameter

|                             |       |    |
|-----------------------------|-------|----|
| Maximum system current      | 75.00 | A  |
| Maximum charging current    | 53.00 | A  |
| Temperature heater on       | 2     | °C |
| Temperature heater off      | 5     | °C |
| Error under temperature on  | -25   | °C |
| Error under temperature off | -23   | °C |
| Error over temperature on   | 55    | °C |
| Error over temperature off  | 53    | °C |
| Error humidity on           | 90    | %  |
| Error humidity off          | 85    | %  |

Set Set and store Default Cancel

Figura 5.22- Parâmetro explicativo do SIPLUS pelo IP [73].

## 5.5. Princípio de Funcionamento da interface HMI Desenvolvida

O PLC da *Siemens* das múltiplas vantagens que possui, o uso de suas interfaces permite maior extensão em suas aplicações. A interface *Ethernet* permite ao PLC maior comunicação com os demais componentes, como permitir o uso da consola HMI para interação e visualização de cada processo de funcionamento, a comunicação com um dispositivo *android*, entre outras aplicações.

A consola como interface, garante ao utilizador um diálogo simples tornando a interação homem máquina mais clara e acessível. O uso da consola tem permitido com que processos automatizados sejam visualizados, fazendo que a percepção seja eficaz aos demais utilizadores.

Nota-se a crescente evolução quando ao uso da consola HMI, que é fundamentada em telas sensíveis ao toque para monitoramento e controle de processos industriais. A consola de interface homem e máquina ou HMI, liga o universo da automação com as condições particulares do utilizador.

Entretanto, para o monitoramento e visualização do funcionamento de todo processo de carregamento no posto montado, foi utilizada a consola HMI KTP1000 PN *Basic* da *Siemens*, como foi referenciado na Figura 5.1. Esta consola possui uma entrada *Ethernet* para comunicação com PLC e 8 teclas físicas de funcionamento. A programação da consola é feita através do *Software TIA-portal* da *Siemens*. Para a ligação é utilizada uma fonte de alimentação de 24V.

O princípio de funcionamento da interface HMI foi realizado com várias interações possíveis, para permitir ao utilizador um diálogo simples e compreensível. A Figura 5.23, apresenta descrição do posto de carregamento.



Figura 5.23 - Menu de abertura do posto de carregamento.

A Figura 5.24 ilustra o processo espera para o início do carregamento, o posto de carregamento aguarda a ordem do utilizador.



Figura 5.24 - Aguardando o início do carregamento.

O utilizador tem a possibilidade de dar início ao carregamento acionando a tecla iniciar, como é observado na Figura 5.25.



Bem vindo ao Posto de Carregamento Rápido de VE  
Para iniciar o processo de carregamento clica em Iniciar

Iniciar

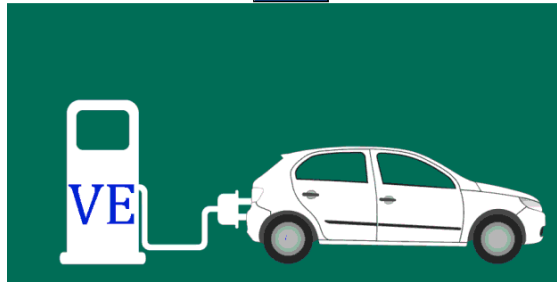


Figura 5.25 - Processo de inicio do carregamento.

Na Figura 5.26, o utilizador faz a ativação do piloto de proximidade para a deteção do cabo e também é definido a corrente de carregamento por meio do *SIPLUS*.

Sinaliza ativação do Modulo

Ativar Proximidade

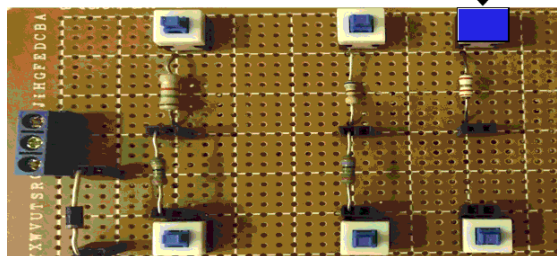


Figura 5.26 - Processo de ativação do piloto de proximidade.

O utilizador faz a inserção do conector depois de realizado a ativação do piloto de proximidade, como é observado na figura 5.27.

Inserir Conector



Figura 5.27 - Pedido para inserção do conector.

Realizado a inserção do conector, o posto de carregamento aguarda a ativação do piloto de controlo pelo utilizador, como é mostrado na Figura 5.28.



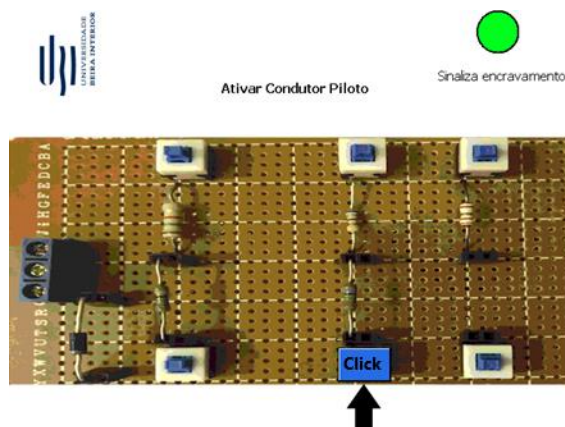


Figura 5.28 - Processo de ativação do piloto de controlo.

O utilizador dá ordem de início do carregamento ao pressionando em iniciar, como mostra a Figura 5.29.

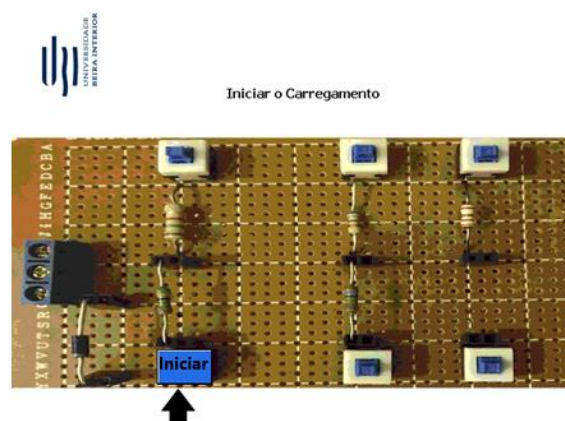


Figura 5.29 - Processo de início do carregamento.

Na Figura 5.30, o utilizador visualiza o estado de carregamento do veículo. O utilizador pode terminar o carregamento ou permitir que a bateria do veículo alcance o carregamento completo, como é observado nas Figuras 5.31 e 5.33.

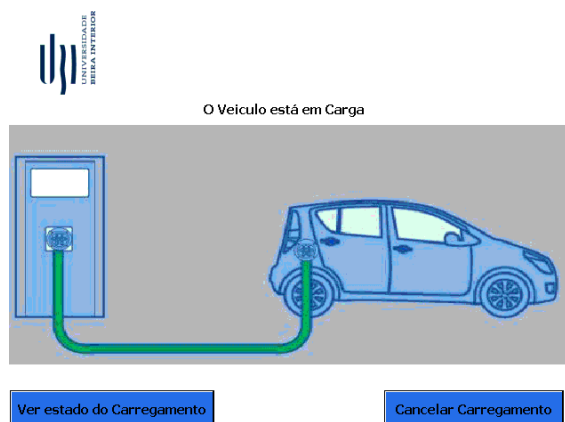


Figura 5.30 - Visualização do veículo em carregamento.

Terminar Carregamento

Carga Completa



Figura 5.31 - Indicação de carregamento completo.

Depois de terminado o carregamento, por indicação de carregamento completa faz-se a emissão da fatura do carregamento, como se mostra na Figura 5.32.

UNIVERSIDADE  
BERRA INTERIOR

### Fatura

Tempo de Carga: 30 min      Custo de carga: 0.05 €/min  
 Tempo no estacionamento: 30 min      Custo de estacionamento: 0.0166 €/min  
 Referencia multibanco: 20180903

**Total: 2 €**

Terminar fatura

Figura 5.32 - Emissão da fatura (carregamento completo).

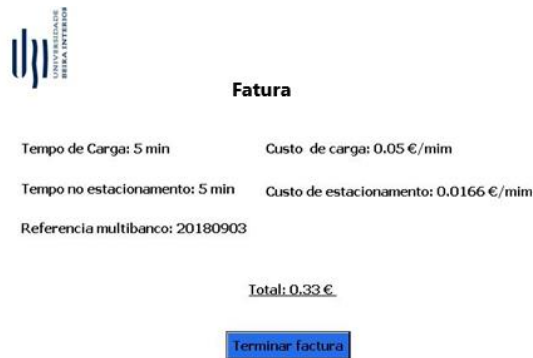
Neste processo o carregamento é terminado por ordem do utilizador, e por sua vez é criado a fatura que varia em função da duração do carregamento, como ilustrado na Figura 5.34.

Carregamento Cancelado

O carregamento foi terminado por sua ordem



Figura 5.33 - Indicação do cancelamento do carregamento.



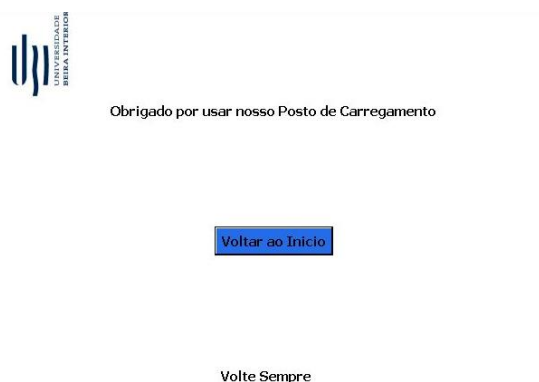
**Figura 5.34** - Emissão da fatura (carregamento terminado por ordem do utilizador).

Assim que for terminado o carregamento, o utilizador faz a remoção do conector, possibilitando que outro veículo possa ser carregado, como se pode ver na Figura 5.35.



**Figura 5.35** - Aguardando a remoção do conector.

A Figura 5.36 ilustra a última fase de interação que a consola HMI permite realizar, podendo ser realizado outro carregamento.



**Figura 5.36** - Termino do processo.

E no caso de associar a interface do PLC a um dispositivo *android*, é possível usar uma aplicação que seja desenvolvida para o mesmo objetivo, no caso abordado por [46], onde a ideia principal está baseada no desenvolvimento e implementação de uma aplicação *Android* para carregamento de veículos elétricos.

# Capítulo 6

## 6. Conclusão

O crescimento sustentável tem proporcionado um gradual incentivo as novas tecnologias, preferencialmente a mobilidade elétrica. As tecnologias que envolvem veículos elétricos e os postos de carregamentos cada vez mais estão sendo aprimoradas, tendo em conta as vantagens que os mesmos apresentam, em relação aos veículos convencionais. É uma realidade a integração dos postos de carregamentos para VE's em redes renováveis autônomas, possibilitando assim pouco impacto na conexão a rede elétrica de postos de carregamentos rápidos.

Um dos objetivos principais desta dissertação consistia no desenvolvimento e implementação de um posto de carregamento para veículos elétricos. O resultado do trabalho foi a montagem do referido posto, e esperamos com a mesma implementação ter contribuído de uma forma para que o posto sirva para análise de trabalhos futuros.

Com base na estrutura proposta pela Siemens, foi possível realizar a implementação do posto, que seu princípio de funcionamento está apoiado no *SIPLUS* (CM-230), e no PLC (S7-1200). Por meio do PLC foi possível criar uma estrutura de programação baseada em *LADDER* que compreende os requisitos de segurança no processo de funcionamento, desde o início, encravamento, desencravamento do conector e término do processo.

Com o *SIPLUS*, conseguiu-se gerir e controlar o funcionamento completo do posto de carregamento, uma vez que deve obedecer diferentes estágios até o início do carregamento. Entretanto nota-se grandemente a evolução dos postos de carregamentos de VE's, desde postos com tecnologias mais complexas aos postos mais simples no caso dos domésticos que tem sido a maior aposta dos fabricantes de VE's.

### 6.1. Sugestão para trabalhos futuros

O processo de implementação do posto de carregamento foi efetuado com êxito, é um posto funcional. Apesar do projeto estar operacional, podem ser feitas melhorias no posto. Tudo pode começar no melhoramento da interação com a consola HMI, pois possibilita maior diálogo com o utilizador. Na programação do PLC, também pode sofrer algumas melhorias, tanto na linha de código feito, como alguns arranjos em todo sistema para que haja maior automatismo, ou a criação de uma lista com uma quantidade sequencial de carregamentos a serem efetuados no posto de carregamento, para no final fazer-se um balanço e analisar o comportamento do PLC em cada carregamento.

Por meio do sistema de potência seria igualmente possível a instalação de um sistema de medição de energia, que ajudaria os utilizadores na cobrança de cada carregamento a ser efetuado. Na prática, o posto implementado, tem um sistema de cobrança que fornece uma fatura em função da duração do carregamento, o que chega à não ser o valor real, pois não se pode quantificar a energia gasta ou consumida durante o processo de carregamento.

Entretanto, também para próximos trabalhos pode se pensar na incorporação de um sistema de leitura de cartão magnético, para maior controlo e segurança nos carregamentos. Para que se garanta a implementação efetiva e um ótimo funcionamento do posto, até então falta a instalação de vários componentes que consideramos serem cruciais.

## 7. Referência

- [1] Y. Fang, F. Asche, and K. Novan, "The costs of charging Plug-in Electric Vehicles (PEVs): Within day variation in emissions and electricity prices," *Energy Econ.*, vol. 69, pp. 196-203, 2018.
- [2] D. Hall and N. Lutsey, "Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure," no. October, 2017.
- [3] J. He, H. Yang, T. Q. Tang, and H. J. Huang, "An optimal charging station location model with the consideration of electric vehicle's driving range," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 86, no. December 2017, pp. 641-654, 2018.
- [4] J. Cavadas, G. H. de Almeida Correia, and J. Gouveia, "A MIP model for locating slow-charging stations for electric vehicles in urban areas accounting for driver tours," *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 75, pp. 188-201, 2015.
- [5] I. Zenginlis, J. Vardakas, N. Zorba, and C. Verikoukis, "Performance Evaluation of a Multi-standard Fast Charging Station for Electric Vehicles," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3053, no. c, pp. 1-1, 2017.
- [6] S. Ge and L. Feng, "The planning of electric vehicle charging station based on Grid partition method," *Electr. Control Eng.* (, pp. 2726-2730, 2011.
- [7] A. Gusrialdi, Z. Qu, and M. A. Simaan, "Distributed Scheduling and Cooperative Control for Charging of Electric Vehicles at Highway Service Stations," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 10, pp. 2713-2727, 2017.
- [8] O. F. Ac and P. For, "(12) Patent Application Publication (10) Pub. No.: US 2017/0139001 A1," vol. 1, no. 19, 2017.
- [9] P. Garcia-Trivino, J. P. Torreglosa, L. M. Fernandez-Ramirez, and F. Jurado, "Decentralized Fuzzy Logic Control of Microgrid for Electric Vehicle Charging Station," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 6777, no. c, pp. 1-1, 2018.
- [10] S. Deb, K. Tammi, K. Kalita, and P. Mahanta, "Impact of Electric Vehicle Charging Station Load on Distribution Network," *Energies*, vol. 11, no. 1, p. 178, 2018.
- [11] S. Kong, F. Application, and P. Data, "( 12 ) United States Patent," vol. 2, no. 12, pp. 12-15, 2011.
- [12] A. M. M. Foley, I. J. Winning, B. P. O Gallachoir, and M. leee, "State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure," *IEEE Veh. Power Propuls. Conf.*, pp. 1-6, 2010.
- [13] Y. Shi, H. D. Tuan, A. V. Savkin, T. Q. Duong, and H. V. Poor, "Model Predictive Control for Smart Grids with Multiple Electric-Vehicle Charging Stations," vol. 3053, no. c, pp. 1-10, 2017.
- [14] B. Deng and Z. Wang, "Research on electric-vehicle charging station technologies based on smart grid," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, pp. 0-3, 2011.
- [15] J. Rivera, P. Wolfrum, S. Hirche, C. Goebel, and H. A. Jacobsen, "Alternating direction method of multipliers for decentralized electric vehicle charging control," *Proc. IEEE Conf. Decis. Control*, vol. 25, no. 3, pp. 6960-6965, 2013.

- [16] M. Etezadi-amoli, S. Member, K. Choma, J. Stefani, and S. Member, "Rapid-Charge Electric-Vehicle Stations," vol. 25, no. 3, pp. 1883-1887, 2010.
- [17] C. Jorge, M. Sebastião, and P. E. D. De, "Projeção e desenvolvimento de carregadores para veículos elétricos."
- [18] W. Kempton and J. Tomić, "Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue," *J. Power Sources*, vol. 144, no. 1, pp. 268-279, 2005.
- [19] T. Noce, "Estudo Do Funcionamento De Veículos Elétricos E Contribuições Ao Seu," 2009.
- [20] E. Cars and M. Ammattikorkeakoulu, "Henney Kilowatt -sähköauton lataus- ja sähköjärjestelmän kunnostus," 2017.
- [21] P. F. Duarte, "Otimização de trajetória de um veículo de competição em eficiência energética através de um vetor otimizado.," 2015.
- [22] P. F. Duarte and T. Noce, "Estudo Do Funcionamento De Veículos Elétricos E Contribuições Ao Seu," 2009.
- [23] W. Paper, "www.econstor.eu," 2010.
- [24] D. Block, J. Harrison, M. D. Dunn, D. Block, and J. Harrison, "Electric Vehicle Sales and Future Projections," no. January, pp. 1-9, 2014.
- [25] P. Kit and N. Holdings, "nanoFlowcell ® Flow Cells are the Energy of the Future , Which Will Change Electric Mobility Worldwide," 2017.
- [26] F. Owners, H. Ottawa, and M. Palinski, "A Comparison of Electric Vehicles and Conventional Automobiles : Costs and Quality Perspective."
- [27] H. Fernandes, "Veículos Elétricos," *Isep*, p. 3, 2007.
- [28] V. T. Program and D. Processes, "Hybrid Electric Vehicles," 2011.
- [29] C. Cities, "Hybrid and Plug-In Electric Vehicles," 2014.
- [30] O. Energy-management, "Electric Vehicles," no. April, pp. 60-70, 2007.
- [31] A. Emadi, S. Member, Y. J. Lee, S. Member, and K. Rajashekara, "Power Electronics and Motor Drives in Electric , Hybrid Electric , and Plug-In Hybrid Electric Vehicles," vol. 55, no. 6, pp. 2237-2245, 2008.
- [32] A. Khaligh, S. Member, Z. Li, and S. Member, "Battery , Ultracapacitor , Fuel Cell , and Hybrid Energy Storage Systems for Electric , Hybrid Electric , Fuel Cell , and Plug-In Hybrid Electric Vehicles : State of the Art," vol. 59, no. 6, pp. 2806-2814, 2010.
- [33] A. Fotouhi, D. J. Auger, K. Propp, S. Longo, and M. Wild, "A review on electric vehicle battery modelling : From Lithium-ion toward Lithium - Sulphur," vol. 56, pp. 1008-1021, 2016.
- [34] Y. Zheng, S. Member, Z. Y. Dong, S. Member, and Y. Xu, "Electric Vehicle Battery Charging / Swap Stations in Distribution Systems : Comparison Study and Optimal Planning," vol. 29, no. 1, pp. 221-229, 2014.
- [35] A. C. Turkmen, S. Solmaz, and C. Celik, "Analysis of fuel cell vehicles with advisor software," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 70, no. October 2016, pp. 1066-1071, 2017.
- [36] S. Hardman, E. Shiu, R. Steinberger-wilckens, and T. Turrentine, "Barriers to



- the adoption of fuel cell vehicles : A qualitative investigation into early adopters attitudes,” *Transp. Res. Part A*, vol. 95, pp. 166-182, 2017.
- [37] F. José, “Avaliação da viabilidade económica da aquisição de um veículo elétrico em Portugal,” *Monografia*, 2013.
  - [38] E. V. Landscape, “Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement,” *Int. ENERGY AGENCY*, no. April, 2013.
  - [39] Soares Isabel, “A Mobilidade Elétrica e a Sociedade do Futuro Isabel Maria da Conceição de Pereira Soares Mestrado em Metropolização , Planeamento Estratégico e Sustentabilidade Trabalho de Projeto orientado pelo Professor Doutor Luís Vicente Baptista Dezembro 2011,” 2011.
  - [40] B. Hauch and R. De Castro, “Veículos elétricos : aspectos básicos , perspectivas e oportunidades,” pp. 267-310, 2010.
  - [41] B. Joana, “Avaliação do impacto da introdução de veículos elétricos na procura de combustíveis em Portugal Avaliação do impacto da introdução de veículos elétricos na procura de combustíveis em Portugal,” 2013.
  - [42] R. BARAN, “A introdução de veículos elétricos no brasil, avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade,” 2012.
  - [43] MCKINSEY, “Roads toward a low-carbon future : Reducing CO 2 emissions from passenger vehicles in the global road transportation system,” no. March, 2009.
  - [44] E.J. ROSCHKE, “Units and conversion factors,” 2001.
  - [45] L. Antonio, “Poder Calorifico [www.antoniolima.web.br.com](http://www.antoniolima.web.br.com),” 2018.
  - [46] R.Fábio, “Desenvolvimento e implementação de uma aplicação Android para carregamento de veículos elétricos,” 2017.
  - [47] D. Schatz, “Electric Vehicle Charging Stations : Advancing Smart Transportation The Nation’s Largest and Most Open EV Charging Network,” 2017.
  - [48] EDP, “Ligação de clientes de baixa tensão,” 2007.
  - [49] IEC, *Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements IEC 61851-1:2017*. 2017.
  - [50] S. G. D. E. Opera and M. El, “Formas de Carregamento de Veículos Eléctricos em Documento para o utilizador,” pp. 3-21, 2011.
  - [51] A. V. Barbosa, “Redes de abastecimento para veículos elétricos,” pp. 1-8, 2012.
  - [52] O. André, “Carregador de Veículos Elétricos Ultra-Rápido,” 2016.
  - [53] P. G. Pereirinha, J. P. Trovão, R. P. Nunes, and P.-- Coimbra, “Standardization in Electric Vehicles,” 2011.
  - [54] J. Vesa and D. Manager, “EV charging,” pp. 1-30, 2016.
  - [55] D. Tavares, “Soluções técnicas para sistemas de carga de veículos eléctricos,” p. 68, 2009.
  - [56] L. Reis, “Modelo e Sistema de Carregamento para Veículos Elétricos em Portugal,” 2010.
  - [57] N. Miguel and D. Lima, “Comparação de Estratégias de Carregamento de Veículos Elétricos,” 2012.

- [58] T. E. de O. Calçado, “Estudo Preliminar De Implantação De Estações De Recarga De Veículos Elétricos No Centro De Tecnologia Da Ufrj,” p. 84, 2015.
- [59] “Carregamento de Veículos Elétricos Através de Energia Fotovoltaica,” 2016.
- [60] E. Eletrot, N. F. Sim, D. Manuel, M. Abranches, and T. Valdez, “Exploração de fontes de energia renovável para postos de carregamento rápido .,” 2016.
- [61] B. Helder, “Sistema de Carregamento Externo de Baterias de Veículos Elétricos com Interface a Fonte de Energia Renovável,” 2013.
- [62] E. De Engenharia, “Delfim Duarte Rolo Pedrosa Desenvolvimento de um Veículo Elétrico,” 2010.
- [63] M. David, “DESIGN FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS,” no. July, 2012.
- [64] H. Kong, “WALL CONNECTOR , 32 A THREE PHASE,” 2016.
- [65] Phoenix Contact Group, “Charging technology for E-Mobility,” 2017.
- [66] J. Ignacio, C. Carlos, A. Gregorio, and O. José, “IA-HEV Task 20 ‘Quick Charging Technology ,’” 2015.
- [67] K. Matthias, “Design Guide for Combined Charging System,” 2015.
- [68] E. D. S. Ambientais, “Diana Sofia Barros dos Santos Estudo para a Implementação de Infraestruturas de Carregamento de Veículos Elétricos,” 2015.
- [69] S. Hosts, “Plug-In Electric Vehicle Handbook for Public Charging,” 2012.
- [70] S. Pedro, “Sistema de carregamento de baterias sem contacto controlado através de uma bobina variável,” 2016.
- [71] S. CIRCUTOR, “Equipamentos e sistemas inteligente para a recarga de Veículos Elétricos,” 2016.
- [72] I. Automation, S. Ecc, and E. Charging, “Siemens lança controlador para postos de carregamento de veículos eléctricos,” 2011.
- [73] E. C. Siemens, “Electrical Charging Components Charging controller CM-230,” pp. 1-78, 2012.
- [74] Siemens, “S7- 1200 Programmable controller S7-1200 Programmable controller,” 2012.
- [75] C. Tompkins, “Charging Station Implementation Strategies, Plug-in Electric Vehicle Infrastructure Plan,” no. 57495, 2017.
- [76] C. Iec, “Projeto i-Es,” 2013.
- [77] <https://www.phoenixcontact.com/pt/produtos/1627987>, “Socket Outlet,” pp. 1-11, 2018.